

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh mulčovače za malotraktor

Design of Mulch-laying Machine for Small Tractor

Student:

Rostislav Kurial

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Rostislav Kurial**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: **Návrh mulčovače za malotraktor**
Design of Mulch-laying Machine for Small Tractor
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci řešení diplomové práce proveďte analýzu a řešete dané problematiku. Dále uveďte princip činnosti mulčovače, důvody a možnosti jeho použití. Vypracujte variantní řešení daného strojního zařízení a volbu vhodné varianty řešení s patřičným odůvodněním. Proveďte konstrukční návrhy jednotlivých uzlů optimální varianty řešení. Návrh podložte potřebnými pevnostními, kinematickými a provozními výpočty. Na vybraných uzlech proveďte kontrolu metodou MKP. Pro navržené konstrukční řešení zpracujte výkresovou dokumentaci v požadovaném rozsahu. Detailní specifikaci provozních, manipulačních a dalších parametrů určí vedoucí závěrečné práce.

Seznam doporučené odborné literatury:


JERÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
LEINVEBER, J. - ŘASA, J. - VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6
KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - části spojovací*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: ČNI, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017


doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místo přísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15. 5. 2017



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- беру на вѣдомі, же оdevздáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2017



.....
podpis

Rostislav Kurial

Obránců Míru 10, Břeclav 6

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D. za vedení a informace při zpracování dané problematiky.

Anotace diplomové práce

KURIAL, R: Návrh mulčovače za malotraktor. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování – 340, 2017, 61s., Diplomová práce, vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem mulčovače za malotraktor pro údržbu vinice a okolních pozemků. V úvodu práce se zabývám rešerší dané problematiky a průzkumem trhu dostupné techniky v České republice. Druhá část se věnuje samotnému konstrukčnímu návrhu mulčovače. V závěru práce je provedena pevnostní analýza pomocí metody konečných prvků a sepsány bezpečnostní pokyny pro práci s mulčovačem. Součástí práce je i výkresová dokumentace mulčovače.

Annotation of thesis

KURIAL, R.: Desing of Mulch-laying Machine for Small Tractor. Ostrava: VŠB-Technical University Ostrava, Faculty of Mechanics Engineering, Department of Production Machines and Desing-340, 2017, 61s., Thesis, Thesis head: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

This thesis deals with a constructional design of a mulcher behind a compact tractor for maintaining a vineyard and surrounding estates. In introduction this thesis focusing on recherche of exact issues and researches of a market which technologies are available in the Czech Republic. In the second part the thesis deals with the exact constructional design of the mulcher. In the end of the thesis there is made a strength analysis using a finite element method and draw up safety procedures for work with the mulcher. Thesis includes also drawing documentation of mulcher.

Obsah diplomové práce

.....	
Seznam použitých značek a symbolů	9
Úvod	11
1. Cíl diplomové práce	11
2. Rešerše a analýza dané problematiky.....	12
2.1 Základní konstrukční typy mulčovačů	14
2.1.1 Vedené mulčovače s vertikální osou rotace	14
2.1.2 Traktorové mulčovače s vertikální osou rotace	17
2.1.3 Traktorové mulčovače s horizontální osou rotace.....	19
2.2 Speciální konstrukce mulčovačů	21
.....	22
2.3 Pracovní orgány mulčovačů	22
2.4 Provozní náklady mulčovačů	24
2.5 Výkonost mulčovačů	24
.....	25
3. Vlastní konstrukční návrh mulčovače	26
3.1 Návrh možných variant (morfologická matice).....	27
3.2 Konstrukční návrh mulčovače	28
3.3 Ochranný kryt.....	29
3.4 Volba pohonu.....	30
3.4.1 Volba převodovky	31
3.4.2 Kryt převodovky	33
3.4.3 Výpočet řemenového převodu	34
3.4.4 Volba klínového řemene	37
3.4.5 Volba řemenic	38
.....	38
3.4.6 Kardanová hřídel	39
3.5 Rotor.....	40
3.5.1 Ložiska rotoru.....	41
3.5.2 Pracovní orgány rotoru	41
3.5.3 Protiostrí.....	43
3.6 Opěrný válec a ližiny	43
3.7 Přední ochranná clona	45
3.8 Tříbodový závěs.....	46

3.9	Výpočet výkonnosti mulčovač.....	48
3.9.1	Výpočet výkonosti mulčovače osazeného noži na louce	48
3.9.2	Výpočet výkonosti mulčovače osazeného kladivy pracující v meziřadí vinice	49
3.10	Bezpečnost práce při mulčování	50
4.	Celkový 3D návrh mulčovače	51
5.	Pevnostní analýza.....	52
5.1	Pevnostní analýza mulčovače 1	52
5.2	Pevnostní analýza mulčovače 2	54
6.	Závěr.....	55
7.	Literatura	56
8.	Seznam obrázků, tabulek a rovnic	57
9.	Seznam příloh	61

Seznam použitých značek a symbolů

VŠB-TUO		Vysoká škola báňská- Technická univerzita Ostrava
ČSN		Česká státní norma
MKP		Metoda konečných prvků
FEM		Finite Element Method
ISO		International Organization for Standardization
n_1	$[ot \cdot min^{-1}]$	Otáčky od převodovky
n_2	$[ot \cdot min^{-1}]$	Potřebné otáčky rotoru
i	$[-]$	Převodový poměr
D_1	$[mm]$	Průměr hnací řemenice
D_2	$[mm]$	Průměr hnané řemenice
α	$[^\circ]$	Úhel opásání malé řemenice
A	$[mm]$	Osová vzdálenost
A_{min}	$[mm]$	Minimální osová vzdálenost
A_{max}	$[mm]$	Maximální osová vzdálenost
L_p	$[mm]$	Uzavřená délka řemene
γ	$[^\circ]$	Doplňkový úhel
A_{sk}	$[mm]$	Skutečná osová vzdálenost
K	$[-]$	Celkový počet řemenů
P_1	$[kW]$	Výkon
N_p	$[kW]$	Skutečný výkon přenášený 1 řemenem

c_k	$[-]$	Počet řemenů v převodu
c_α	$[-]$	Součinitel vlivu úhlu opásání
c_L	$[-]$	Součinitel vlivu délky řemene
c_p	$[-]$	Součinitel dynamičnosti a pracovního režimu
Q	$[ha \cdot h^{-1}]$	Výkonost mulčovače
W	$[m]$	Pracovní záběr stroje
v	$[m \cdot s^{-1}]$	Pracovní rychlost soupravy
k_{ps}	$[-]$	Součinitel překrytí stopy
k_{ζ}	$[-]$	Součinitel časového využití

Úvod

Mulčování je neustále oblíbenější způsob údržby nepravidelně sečených travnatých ploch. Jedná se o ekologickou likvidaci trávy, plevelu a náletů. Ekologie v současné moderní době vstupuje stále větší mírou do běžného života a naše životy to ovlivňuje stále více. Pálení travního odpadu je přísně zakázáno a odvoz na skládky nám zabere mnoho času. Princip údržby spočívá v tom, že při správném systému sečení speciálními noži rozemele travní porost na drobné kousky, které zůstanou ležet na povrchu travnaté plochy, a tím odpadá pracné vyvážení travního odpadu. Malé kousky mulčované trávy, které zůstanou ležet na pozemku časem zetlí, a poté působí jako hnojivo pro obnovení nebo zlepšení kvality porostu a drží vláhu po určitou dobu. Mulčovat se dají v podstatě veškeré udržované travní plochy, plevel, přerostlou travu, nálety a ostatní biologický odpad (bramborová nat', vinná réva). Nejvíce jsou mulčovače nasazovány na práci v zemědělské sféře. V dnešní době jsou ale mulčovače hojně využívány i pro údržbu městských parků, komunálních ploch, příkopů, okrasných a jiných dřevin. Ideální je mulčovat travu třikrát až čtyřikrát za rok, abychom dosáhli kvalitního porostu a trávy zbytečně nepřerůstala.

1. Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je konstrukční návrh mulčovače za malotraktor pro práci ve vinici. Mulčovač je určen pro menší vinaře, kteří mají rozlohu svých vinic do jednoho hektaru. Mulčovač bude zkonstruován pro vinice, které mají šířku meziřadí 1,5 až 2 metry. V úvodu své práce se budu zabývat řešením dané problematiky a poté popisem základních částí mulčovače. V druhé části práce zvolím nejlepší konstrukční řešení pro danou situaci a poté se budu zabývat samotným konstrukčním návrhem mulčovače. V závěru práce bude provedena pevnostní analýza nosného rámu pomocí metody konečných prvků.

2. Rešerše a analýza dané problematiky

Operace, které jsou spojené s údržbou meziřadí vinic, obsahují drcení révy po zimním řezu a mulčování travního porostu. Mulčovače využívané pro drcení révy a mulčovače využívané pro mulčování travního porostu mají obdobnou konstrukci, rozdílné jsou zejména jejich pracovní orgány, které musí být pro drcení révy robustnější. Proto se pro obě pracovní operace používají stejné stroje, u kterých se jen vymění pracovní nástroje.

Z jednoho hektaru vinice se získá po zimním řezu v průměru zhruba 1,4-1,8 tun dřeva v závislosti na odrůdě révy a vedení. Dřívějším způsobem zpracování dřeva bylo jeho vyhrnutí z meziřadí a následné spálení. Výhodou této metody je nízká náročnost na technické vybavení. Nově se vyvíjí nové technologie pro využití dřeva z vinic k energetickým účelům.

Využití zatravnění ploch v meziřadí má příznivý agrotechnický vliv, ale přináší i výhody organizační, které vedou ke snižování pracovních nákladů a pohonných hmot. Hlavní důvody pro zatravnění meziřadí ve vinicích jsou:

- Výrazné snížení půdní eroze a silné omezení vyplavování živin ve svahovitých vinicích
- Z hlediska výživy porostu rostlinná hmota představuje stálý zdroj humusu
- Souvislý travní porost vytváří dostatečně pevný a pružný povrch, který umožňuje projíždět traktorem i v období vyšších dešťových srážek, což umožňuje včasné provedení pracovních operací jako je chemická ochrana a sklizeň
- Zatravnění je krok k ekologizaci vinohradů a vytváří tak podmínky pro použití biologických ochranných a preventivních přípravků

Zatravněné meziřadí se udržuje pomocí mulčovačů, které svými pracovními orgány drtí nadzemní části rostlin, rozmělní je a rozprostírá podrcenou hmotu na povrch travnaté plochy. Míru rozdrčení zelené pokrývky určuje hustota a výška porostu, použité pracovní orgány, rychlost rotace pracovního ústrojí a rychlost pojezdu traktoru.

Z hlediska konstrukce u mulčovačů rozlišujeme dva základní druhy pracovních ústrojí. Pracovní ústrojí s horizontální osou rotace, které je určeno pro drcení révy a i mulčování

zatravněných ploch pomocí různých pracovních orgánů. Druhý pracovní druh je mulčovač s vertikální osou rotace, který se především používá pro mulčování travnatých ploch a je odvozen od rotačních žacíh strojů.

Hlavní požadavek na mulčovač je snadné připojení k traktoru, jednoduché nastavení pracovního ústrojí, dokonalé podrcení rostlin, následné rozprostření podrcené hmoty na povrch pozemku a snadná výměna pracovních orgánů.

V zemědělství je mulčování oblíbená metoda k údržbě rozsáhlých travnatých ploch, které nejsou využívány jako krmivo pro zvířata. Nože mulčovacího stroje nasekají travu na malé části a poté vmetou travu zpátky na pozemek. Tato metoda patří k levnějším variantám, jak udržovat travnaté plochy, protože odpadá pracné vyvážení pomulčované trávy na skládku. Navíc materiál, který zůstane na povrchu, slouží jako hnojivo. Vrací do půdy především vláhu a dusík. Rozdíl mezi pravidelně udržovaným pozemkem mulčováním a pozemkem, který není udržovaný, je znatelný na první pohled.



Obr. 1 Pravidelně mulčovaný pozemek [4]



Obr. 2 Neudržovaný pozemek [4]

2.1 Základní konstrukční typy mulčovačů

Mulčovače jsou stroje, s jejichž využitím se setkáváme jak v komunálním sektoru, lesnictví, zemědělství, ale také při hospodaření v trvalých kulturách. Možností využití mulčovačů je mnoho, a však jednotlivé modely jsou uzpůsobeny podmínkám konkrétních uživatelů. Jiné požadavky jsou kladeny pro zemědělské podniky a farmy, pro majitele lesních porostů, pro sady a vinice. Na trhu najdeme celou řadu konstrukčních řešení mulčovačů.



Obr. 3 Základní rozdělení mulčovačů

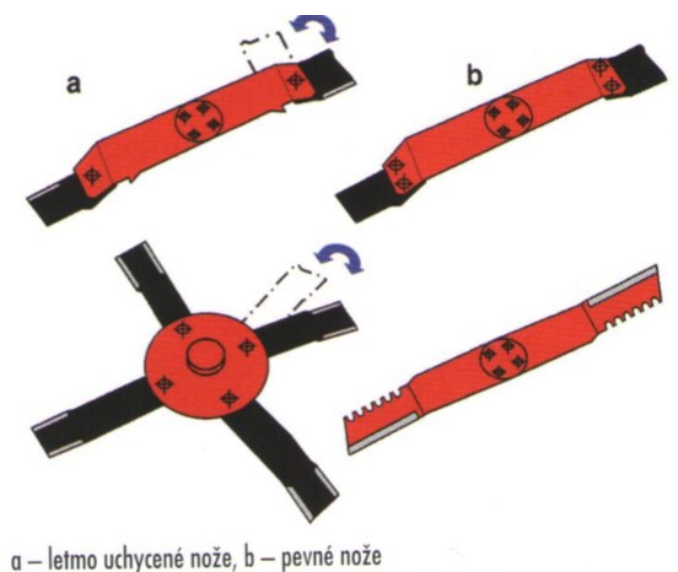
2.1.1 Vedené mulčovače s vertikální osou rotace

Vedené mulčovače patří k nejmenším strojům používaným pro údržbu zatravněných ploch. Jejich původním účelem byla údržba travnatých ploch v komunální sféře, odkud se rozšířily i do vinohradnictví, výhradně však k malopěstitelům. Jejich pracovní ústrojí se skládá z vertikálního rotoru opatřeného dvěma letmo uloženými noži a krytu, ve kterém se nože pohybují. Nože bývají uloženy v jedné nebo více rovinách.



Obr. 4 Nože v jedné a ve dvou rovinách [4]

Novější konstrukce vertikálních mulčovačů jsou konstruovány s přímým rotačním nožem s vrtulovitě prohnutými konci opatřeným výstupky a zářezy. Tyto nože lámou a drtí stébla trávy na kousky o délce 80-100 milimetru, které zůstávají na povrchu, rychle vysychají, snižují svůj objem a pouze část z nich propadne na povrch pozemku.



Obr. 5 Pracovní orgány mulčovačů s vertikální osou rotace [4]

Vedené mulčovače jsou konstruovány jako jednoúčelové stroje na kolovém nebo pásovém podvozku nebo jako adaptéry jednonápravových nebo pásových traktorů. Stroje mají pracovní záběry v rozmezí 0,5 m až 0,8 m, pracovní rychlosti dosahují až hodnoty 4 km.h⁻¹ podle výšky a hustoty porostu, dosahované výkonnosti jsou 0,15-0,20 ha.h⁻¹.

Hlavními přednostmi je jednoduchá konstrukce, nízká energetická spotřeba, možnost mulčování v blízkosti keřů.



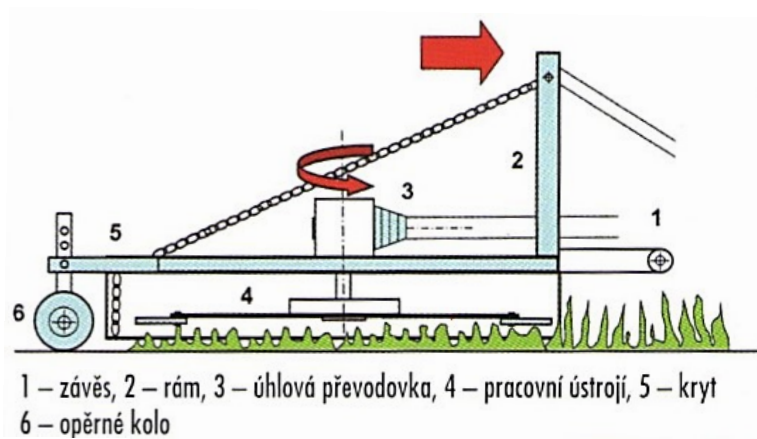
Obr. 6 Vedený mulčovač [4]



Obr. 7 Adaptér pro mulčování nesený na pásovém malotraktoru [4]

2.1.2 Traktorové mulčovače s vertikální osou rotace

Traktorové mulčovače jsou tvořeny jedním nebo několika rotory, které jsou opatřeny letmo nebo pevně uchycenými noži, popřípadě kladívky nebo řetězy. Ty jsou poháněny pomocí uhlové převodovky přes vývodový hřídel traktoru a pohybují se v nízkém krytu.



Obr. 8 Traktorový mulčovač s vertikální osou rotace [4]

Otáčky rotoru se pohybují okolo 1200 - 1500 za minutu. Výškové nastavení záběru se provádí pomocí opěrných kol, opěrného válce nebo stavitelných ližin. Maximální pracovní záběr jednorotorového vertikálního mulčovače je 0,8- 1,0 m a pro větší záběry se mulčovače konstruují jako vícerotorové. Tyto stroje jsou určeny především pro mulčování zelené hmoty a jsou běžně připojitelné k malotraktorům. Především se připojují na zadní část malotraktoru, výjimečně se dá mulčovač připojit na přední část traktoru ale traktor nato musí být speciálně upravený.



Obr. 9 Traktorový mulčovač s vertikální osou rotace [4]

Mulčovače můžeme doplnit přídatnými zařízeními, jako jsou výkyvné mulčovací sekce pro mulčování travního porostu mezi hlavami keřů. Mulčovač s vertikální osou rotace má výhodu zejména v nižší hmotnosti stroje a v nižší spotřebě energie, která je o 20- 30% menší než u strojů s horizontální osou rotace o stejném záběru. Avšak nevýhodou těchto strojů je složitější konstrukce u mulčovačů větších záběrů. Tyto konstrukční typy mulčovačů se používají jako adaptéry k multifunkčním nosičům, kdy bývají zpravidla provedeny pro mulčování dvou mezířadí.



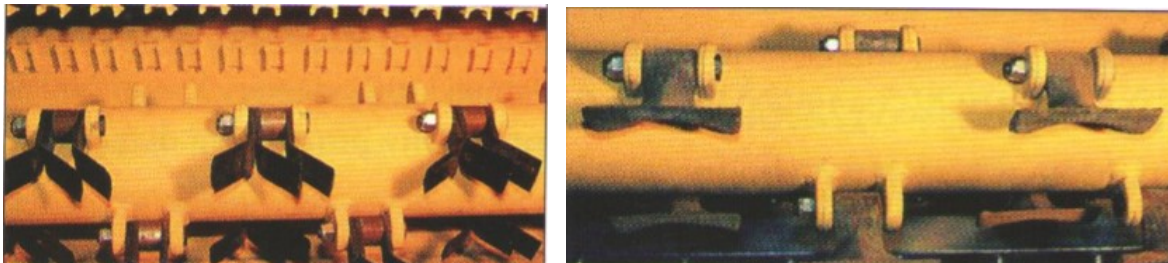
Obr. 10 Dvourotorový mulčovač s výkyvnými sekcemi [4]



Obr. 11 Dvouřádkový adaptér pro mulčování nesený na multifunkčním nosiči [4]

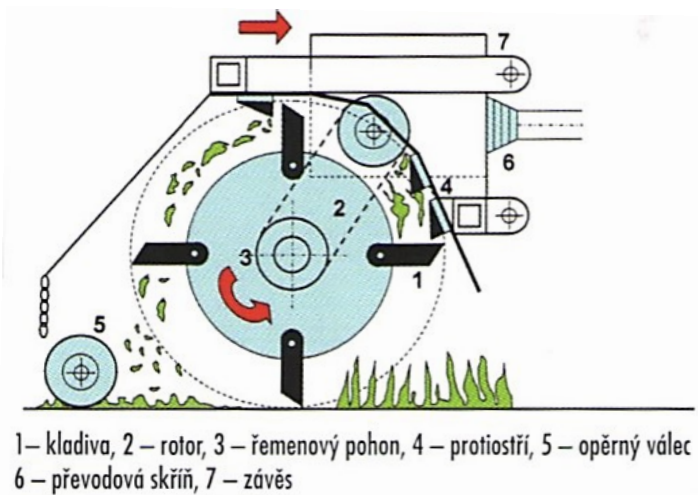
2.1.3 Traktorové mulčovače s horizontální osou rotace

Traktorové mulčovače s horizontální osou rotace jsou univerzální stroje jak pro mulčování zelené hmoty, tak i pro drcení réví. Pro jednotlivé operace se musí pouze vyměnit pracovní orgány, nože nebo kladívka uložené na horizontálním robustním rotoru.



Obr. 12 Rotor s pracovními orgány [4]

Stroj se skládá z robustního horizontálního rotoru a krytu, který bývá opatřený pevným protiostřím. Rotor pracuje při 1800- 2200 ot.min⁻¹ a proto je důležité jeho dokonalé vyvážení. Rotor je poháněn pomocí vývodové hřídele od traktoru, přes úhlovou převodovku a klínový řemen. Výškové nastavení mulčovače se zajišťuje pomocí opěrných kol nebo opěrného válce.



Obr. 13 Traktorový mulčovač s horizontální osou rotace [4]

Rotor mulčovače by se měl pro správnou funkci pohybovat těsně nad zemí, tak aby nabíral veškerý materiál, nesmí však zabírat půdu, aby se nepoškodil klínový řemen. Některé typy horizontálních mulčovačů disponují stranově posuvným rámem, který zajistí přiblížení

pracovního orgánu do prostoru příkmenného pásu a umožní tak mulčování travního porostu v těsné blízkosti keřů.



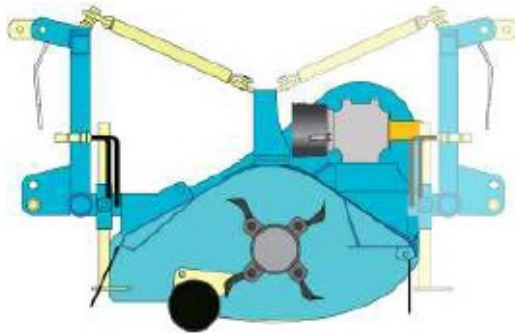
Obr. 14 Horizontální traktorový mulčovač s opěrným válcem [4]

Na trhu najdeme i mulčovače, které jsou vybaveny roštem v zadní části pracovního ústrojí. Ten slouží k tomu, aby podrcený materiál měl rovnoměrnější velikost částic. Nevýhodou tohoto řešení je však snížení výkonnosti, protože pracovní rychlost se musí přizpůsobit nižší průchodnosti drcené hmoty pracovním ústrojím.



Obr. 15 Horizontální mulčovač s roštem [4]

Energetická náročnost mulčovačů je asi zhruba 15 kW na 1 metr šířky záběru. Čelní připojení mulčovače není příliš časté, ale umožňuje využívat traktor současně k dalším operacím, jako je například mulčování- chemická ochrana, mulčování- kultivace příkrmenného pásu.



Obr. 16 Horizontální mulčovač s možností zapojení do zadního i čelního závěsu traktoru [4]

2.2 Speciální konstrukce mulčovačů

Na trhu dnes najdeme řadu mulčovačů s různou úrovní a konstrukčním řešením. Jejich konstrukce se liší podle typu vykonávané práce.

- **Mulčovač s hydraulickým ramenem-** komunální mulčovače jsou univerzální stroje, které se používají pro mulčování špatně přístupných ploch. Disponují hydraulickým ramenem, které má dosah až 6 metrů. S těmito stroji pracují uživatelé, kteří udržují špatně přístupné porosty, příkopy a dřeviny.



Obr. 17 Mulčovač s hydraulickým ramenem [4]

- **Mulčovač se sběrným košem-** tento typ je vhodný pro zahrady, parky a sportovní hřiště. V zadní části mulčovače se nachází sběrač, který pomulčovanou travu sbírá do sběrného koše. Nevýhodou tohoto typu mulčovače je vyvážení pomulčované trávy na skládky.

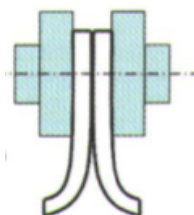


Obr. 18 Mulčovač se sběrným košem [4]

2.3 Pracovní orgány mulčovačů

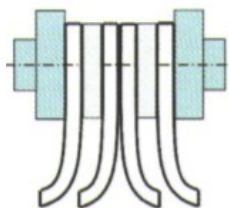
Pracovní nástroje mulčovače jsou označovány jako nože nebo kladívka a volí se podle charakteru drceného materiálu. Nástroje jsou volně uchyceny v držácích na rotoru pomocí kvalitních šroubů. Jsou rozloženy ve dvouchodé nebo tříchodé šroubovici pro co nejlepší záběr. Nejčastěji se používají pracovní nástroje typu:

- **Zahnuté nože-** volí se pro mulčování trávy, které uplatňují takzvaný žací efekt. Používají se většinou bez protiostří. Pracují na podobném principu jako práce nožů na cepovém sklízeči.



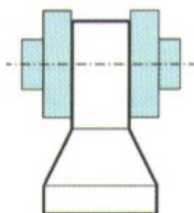
Obr. 19 Zahnutý nůž jednoduchý [4]

- **Dvojité zahnuté nože-** většinou jsou doplněny protiosťří, které je umístěno na krytu rotoru a slouží hlavně k zesílení žacího efektu u drcení zelené travní hmoty. Výsledná kvalita podrcené hmoty je velmi vysoká.



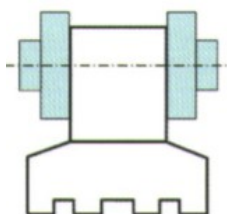
Obr. 20 Zahnutý nůž dvojitý [4]

- **Masivní kladívka s přímou hranou-** tyto nástroje jsou určena pro drcení réví a náletových dřevin. Úhel břitu je proveden tak, aby při opotřebení ostří zůstala jeho hodnota stejná, což je významné zejména při univerzálním využití těchto strojů.



Obr. 21 Kladívkový nůž s přímou hranou [4]

- **Masivní kladívka zubová-** jsou určena především k drcení réví a náletů, spolehlivě podrtí dřeviny větších průměrů. Zubová kladívka mají vyprofilovány zpravidla 4 zuby.

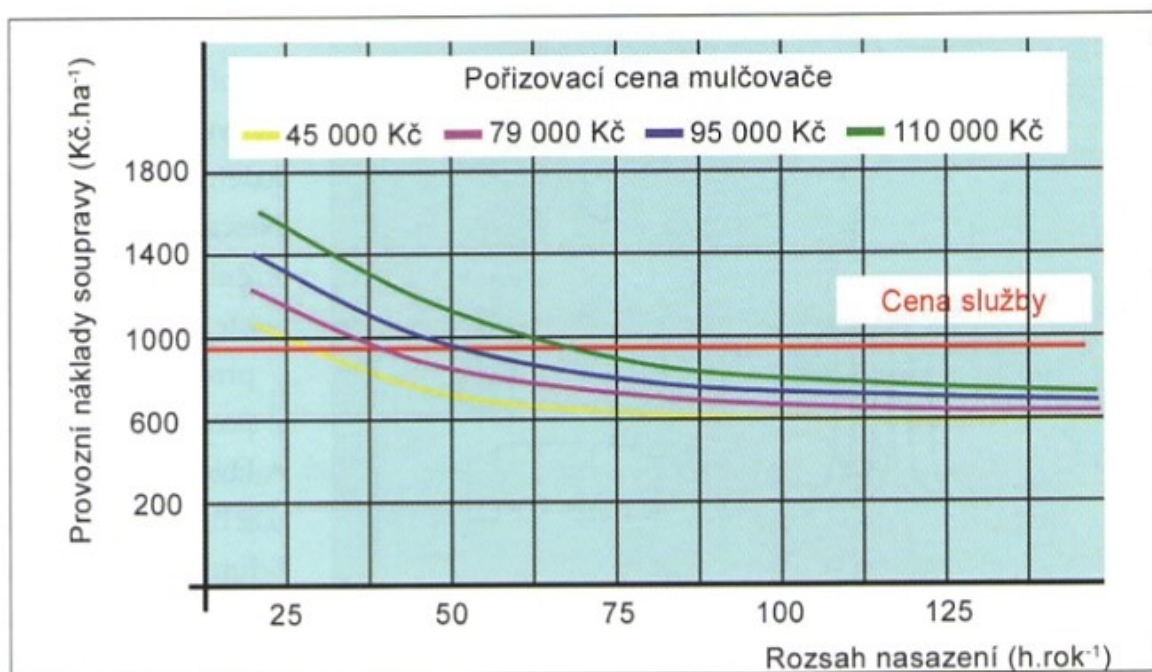


Obr. 22 Kladívkový nůž zubový [4]

2.4 Provozní náklady mulčovačů

Pro volbu mulčovače je důležitým aspektem požadavek na charakter prováděné práce a na rozsah ročního nasazení. Ve vinohradnickém odvětví je stroj využíván jednou za sezónu při drcení réví a mulčování trávy se provádí 3- krát až 4- krát za sezónu. Provozní spolehlivost je určena především konstrukčním řešením ložisek a životností používaných pracovních orgánů.

Při nákupu mulčovače musíme posoudit jeho skutečné nasazení, charakter mulčovaného materiálu, výkonové možnosti traktoru a mnoho dalších aspektů. Graf znázorňuje průběh provozních nákladů u několika typů mulčovačů. Z grafu jde vyčíst ekonomická efektivita u jednotlivých modelů. Efektivita je vyjádřena v grafu minimálním počtem hodin práce za rok, nebo podle výkonosti minimálním počtem ošetřených hektarů.



Obr. 23 Provozní náklady různých modelů mulčovačů [4]

2.5 Výkonost mulčovačů

Výkonost mulčovačů je závislá na pracovní rychlosti, která se pohybuje v rozmezí 3 až 10 km.h⁻¹. Vinohradnické mulčovače disponují záběry 0,8 až 2,2 metru. Výkonost značně ovlivňuje i výška travního porostu, délka řádku a reliéf terénu. Při mulčování travního porostu dosahují mulčovače běžně výkonu 0,6 až 1,2 ha.h⁻¹ a při drcení réví 0,25 až 0,6

ha.h⁻¹. Na obrázku 2.19 jsou uvedeny různé typy strojů a jejich přibližné hodnoty k porovnání.

Stroj	Spotřeba pohonných hmot [l.h ⁻¹]	Spotřeba pohonných hmot [l.ha ⁻¹]	Výkonnost stroje/ soupravy [ha.h ⁻¹]
Traktor (39 kW) – drtič (záběr 1,6 m)	8,6	17,2	0,5
Ručně vedený mulčovač (motor 10 kW, záběr 0,7 m)	1,3 (benzin)	13,0	0,1
Traktor (39 kW) – mulčovač s vertikální osou rotace (záběr 0,9 m)	6,8	8,5	0,8
Traktor (39 kW) – mulčovač s horizontální osou rotace (záběr 1,6 m)	7,2	9,0	0,8
Traktor (39 kW) – mulčovač s vertikální osou rotace s 2 vyžínacími sekcemi (záběr 1,6 m)	7,7	11,0	0,7
Traktor (50 kW) – mulčovač s horizontální osou rotace na hydraulicky ovládaném rameni (záběr 1,0 m)	7,3	12,2	0,6
Multifunkční nosič (105 kW) – adaptér pro mulčování nesený (2řádkový, záběr 2 x 1,8 m)	22,4	16,0	1,4

Obr. 24 Orientační výkonnosti a spotřeby pohonných hmot při mulčování [4]

3. Vlastní konstrukční návrh mulčovače

V této části práce se zaměřím na samotný návrh mulčovače. K tomu to návrhu mě vedly poměrně vysoké pořizovací náklady na mulčovač. Hobby a malo vinaři jsi takovou částku za mulčovač většinou nemůžou dovolit a tak jsem se pokusil udělat svůj vlastní návrh mulčovače. Mulčovač má být převážně využíván pro práci ve vinici. A to s nasazením zhruba 5- krát až 6- krát ročně. Jednou ročně je mulčovač využíván k mulčování réví po zimním řezu a 3- krát až 4- krát k mulčování travního porostu v meziřadí vinice. Nebude využíván jen ve vinici ale i k údržbě travního porostu okolního pozemku vinice. Rozhodující jsou tedy rozměry mulčovače. Mulčovač bude konstruován do meziřadí o šířce sponu do 2 metrů.



Obr. 25 Zatrávněné meziřadí vinice [4]

Jako ideální typ mulčovače se jeví traktorový- horizontální mulčovač. Ten díky výměnným pracovním orgánům je vhodný jak pro mulčování réví tak i travního porostu. Travní porost se bude mulčovat pomocí zahnutých nožů a réví pomocí kladiv.

3.1 Návrh možných variant (morfologická matice)

Morfologická matice analyzuje možné řešení po jednotlivých částech. Výsledkem analýzy je ideální řešení dané problematiky.

Tab. 1 Morfologická matice

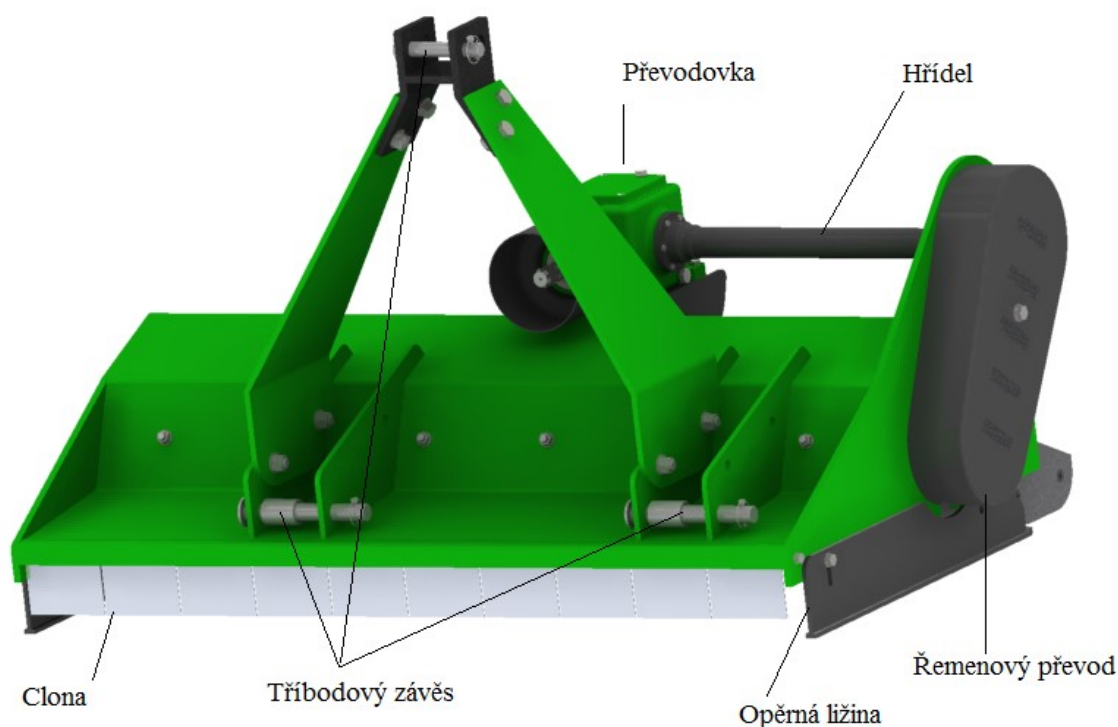
číslo	Funkce	Funkční princip/orgánový nositel funkcí			
		1	2	3	4
1	Typ mulčovače	Vedený mulčovač	Traktorový vertikální	Traktorový horizontální	Adaptér pro mulčování
2	Pracovní orgány	Letmo uchycené nože	Pevné nože	Kladiva	Kombinace
3	Počet rotorů	Jednorotorové	Dvourotorové	Více rotorové	
4	Pohon rotoru	Spalovací motor	Elektromotor	Malotraktor-vývodová hřídel	Hydromotor
5	Účel použití	Univerzální	Svahový	Příkopový	Viniční
6	Typ dopravy	Nesený	Kolový	Pásový	Tažený- opěrný válec + ližiny
7	Výkon traktoru	do 30 kW	do 60 kW	do 100 kW	víc než 100 kW
8	Záběr	do 150 cm	do 250 cm	více než 250 cm	velkoplošné

Tab. 2 Zvolená varianta

číslo	Funkce	Varianta řešení
1	Typ mulčovače	Traktorový horizontální
2	Pracovní orgány	Kladiva
3	Počet rotorů	Jednorotorové
4	Pohon rotoru	Malotraktor-vývodová hřídel
5	Účel použití	Viniční
6	Typ dopravy	Tažený- opěrný válec + ližiny
7	Výkon traktoru	do 30 kW
8	Záběr	do 150 cm

3.2 Konstrukční návrh mulčovače

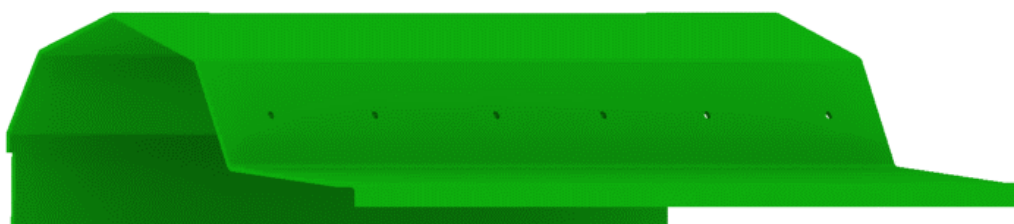
Základním prvkem celé konstrukce navrženého horizontálního mulčovače je ochranný kryt. Ochranný kryt je využíván, jak pro ochranu při odlétávání mulčovaných částic, tak jako pomocný prvek při drcení. Na ochranný kryt jsou osazeny další komponenty mulčovače. Boční ochranné kryty jsou přivařeny na hlavní ochranný kryt a slouží, jak k bezpečnosti práce ale hlavně k uchycení hlavní části mulčovače a to je rotoru, ke kterému jsou pomocí šroubového spoje umístěny mulčovací kladiva nebo zahnuté mulčovací nože. Pohon mulčovače je zajištěn od vývodové hřídele, pomocí kardanové hřídele, která je připojena na kuželovou převodovku. Použitá kuželová převodovka je od italského výrobce, který se zaměřuje výhradně na výrobu převodovek pro zemědělské stroje. Dále pohon zajišťuje mulčovače. Připojení k malotraktoru je vyřešeno pomocí tříbodového závěsu podle normy ČSN ISO 730-1N. Mulčovač je opatřen opěrným válcem, který je uložen v ložiscích. Opěrný válec je využíván k nastavení výšky záběru, tak i k válcování pomulčované hmoty k mulčovanému povrchu. K nastavení výšky se využívají i pomocné ližiny.



Obr. 26 Popis konstrukčního návrhu mulčovače

3.3 Ochranný kryt

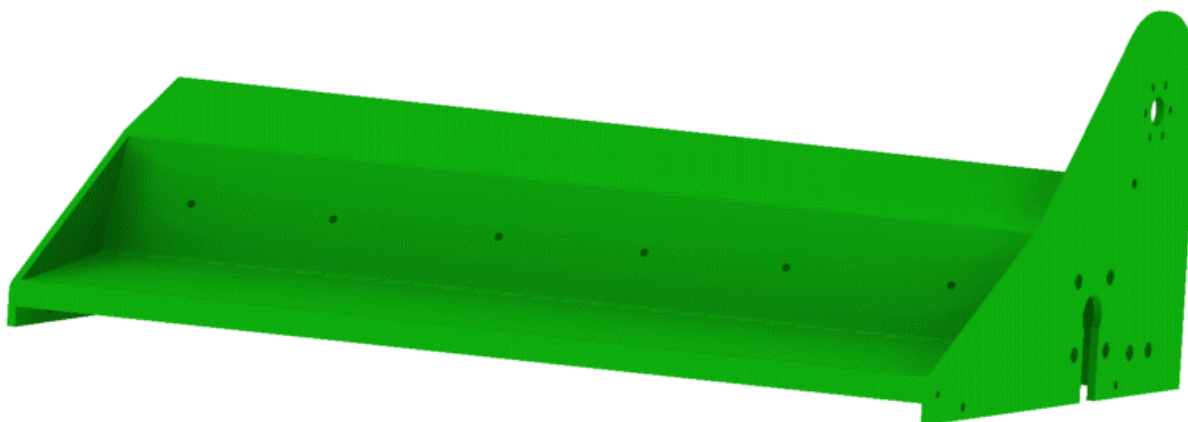
Hlavní ochranný kryt slouží jak k ochraně proti odlétávání kamenů a mulčované hmoty, tak i jako pomocný prvek při mulčování. Tvoří tak prakticky nosnou konstrukci mulčovače. Hlavní kryt tvoří plech tloušťky 8 mm z materiálu S235. Tento materiál má zaručenou svařitelnost a je vhodný pro plechy strojní konstrukce. Pro ocelovou konstrukci jsem zvolil povrchovou úpravu, která je tvořena práškovým lakem.



Obr. 27 Hlavní ochranný kryt mulčovače

Na hlavní kryt je umístěna kuželová převodovka, třibodový závěs a protiosťří. Na boční kryty jsou pak umístěny ložiska rotoru, hřídel od převodovky, řemenový převod, opěrný válec, ližiny a ochranná clona.

Pro boční ochranné kryty jsem zvolil plech tloušťky 10 mm a jsou z materiálu S235. Boční ochranné plechy budou vypáleny na laseru. Na krytu jsou vypáleny díry pro uchycení ložisek a hřídele pomocí šroubového spoje. Na hlavní ochranný kryt jsou boční ochranné kryty přivařeny.



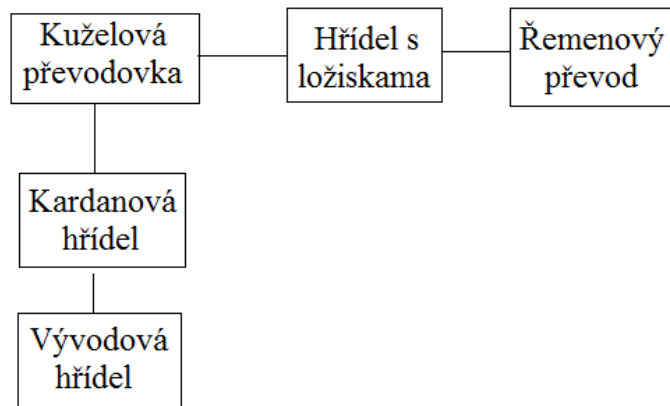
Obr. 28 Celkový ochranný kryt mulčovače

3.4 Volba pohonu

Při volbě pohonu mulčovače připadalo v úvahu několik možných variant.

- **Spalovací motor**- Umístění spalovacího motoru na ochranný kryt by mělo mnoho výhod i nevýhod. Hlavní výhodou by bylo, že by mulčovač už nepotřeboval žádný jiný stroj pro pohon rotoru ale jen stroj pro tažení. Mulčovač by se tak dal táhnout například malotraktorem nebo čtyřkolkou. Hlavní nevýhodou by byli další náklady na palivo pro spalovací motor.
- **Elektromotor**- V dnešní době kdy se na ekologii klade velký důraz, by elektromotor pro pohon rotoru byl nejlepší volbou. Ovšem tato varianta má mnoho protikladů. Motor by musel být připojen buď k elektrické síti, a ztratil by tak mobilitu nebo by museli být umístěny baterie, které by zvýšily celkovou hmotnost stroje a výkonost stroje na jedno nabití by nebyla nikterak vysoká.
- **Hydromotor**- Pro pohon rotoru by mohl být využit i hydromotor. Hydromotory dosahují vysokých výkonů, při malých rozměrech motoru. Avšak zatěžoval by hydraulickou síť malotraktoru a při mulčování by zároveň nemohlo být prováděno více operací. Při mulčování jsou využívány stroje pro údržbu mezi jednotlivými hlavami révy. Ty jsou osazeny na výkyvnou sekci, která je připojena k hydraulické síti traktoru.
- **Vývodová hřídel traktoru**- Pomocí vývodové hřídele se přenáší točivý moment z traktoru na pohony přípojných strojů. Točivý moment je přenášen pomocí kardanové hřídele. Vývodová hřídel má standardně 540 a 1000 otáček za minutu. U mulčovačů je využívána rychlost 540 ot.min^{-1} . Výhodou tohoto řešení je využití výkonu traktoru, který tak slouží zároveň k tažení mulčovače i k pohonu rotoru.

Ze čtyř navržených variant byla vybrána jako nejvhodnější vývodová hřídel traktoru. Využije se tak potenciál traktoru a není potřeba již jiného pohonu. Pro přenos točivého momentu bude využita kardanová hřídel, která bude připojena na kuželovou převodovku.



Obr. 29 Schéma pohonu

3.4.1 Volba převodovky

Na ochranném krytu bude umístěna úhlová převodovka. Zvolil jsem převodovku od italské firmy Rotis. Je to společnost specializující se na navrhování a výrobu převodovek pro zemědělské a průmyslové stroje a komponenty pro přenos energie.

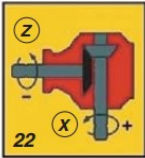
Zvolil jsem převodovku z řady 915. Převodovka je uložena v litinovém těle a je osazena kvalitními ložiskami pro vysokou spolehlivost. Pro převodovku jsem zvolil převod do rychla, abych dosáhl požadovaných otáček rotoru.

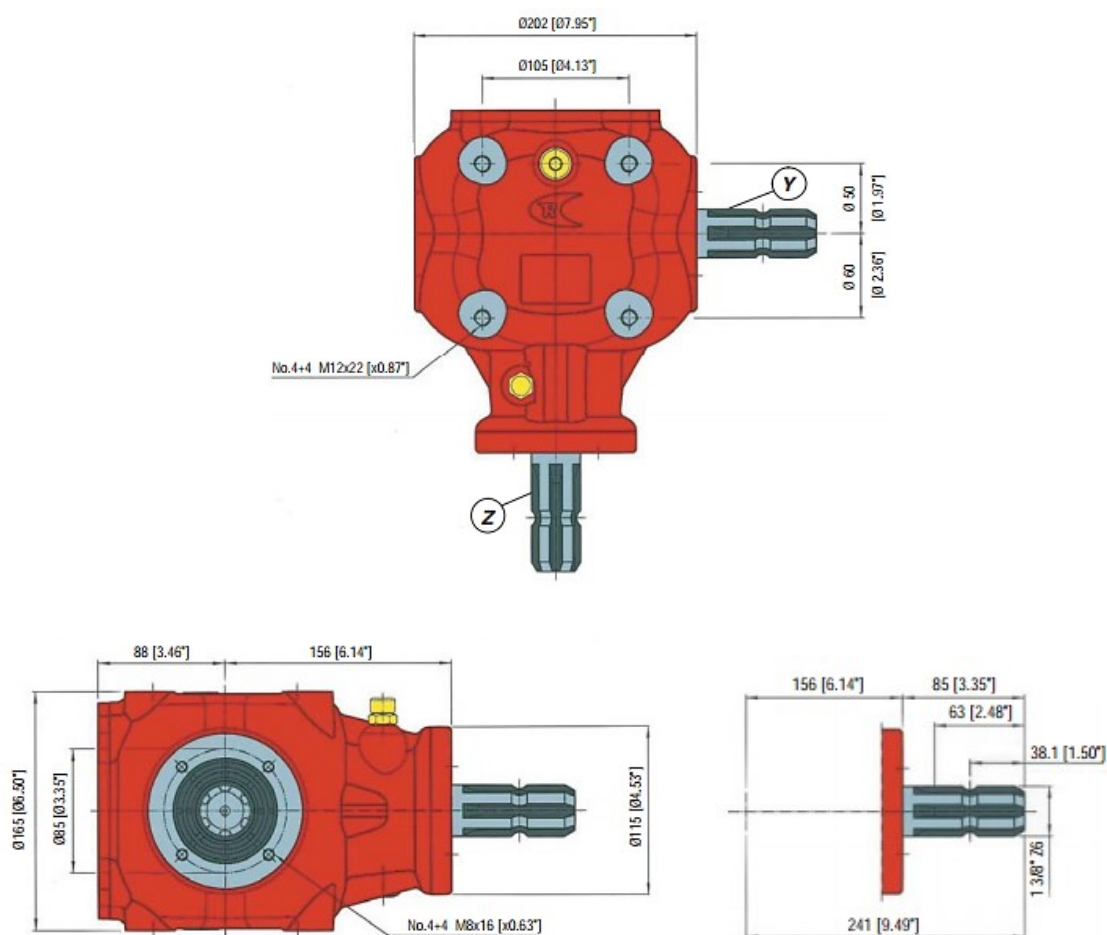


Obr. 30 Převodovka Rotis Series 915 [10]

V tabulce jsou popsány parametry převodky na vstupu a na výstupu.

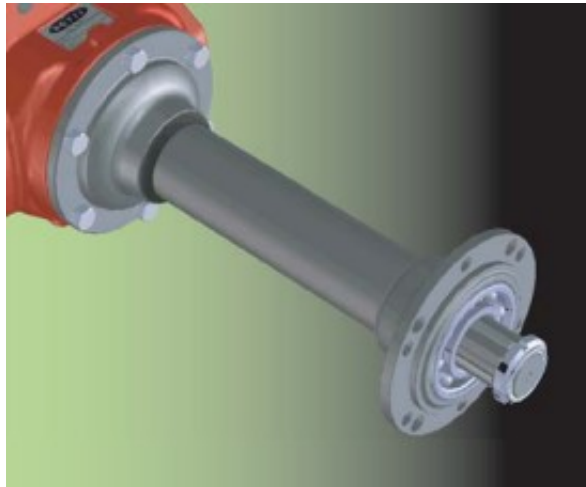
Tab. 3 Parametry kuželové převodovky Series 915 [10]

Typ	Gearbox 915	Vstup			
		RPM	kW	HP	Nm
Převodový poměr	1 / 2,93	540	20	27	377
Hmotnost	21 kg				
Typ oleje	Oil SAE 90 EP/oz 42	Výstup			
		RPM	-	-	Nm
		1582			129



Obr. 31 Rozměry převodovky [10]

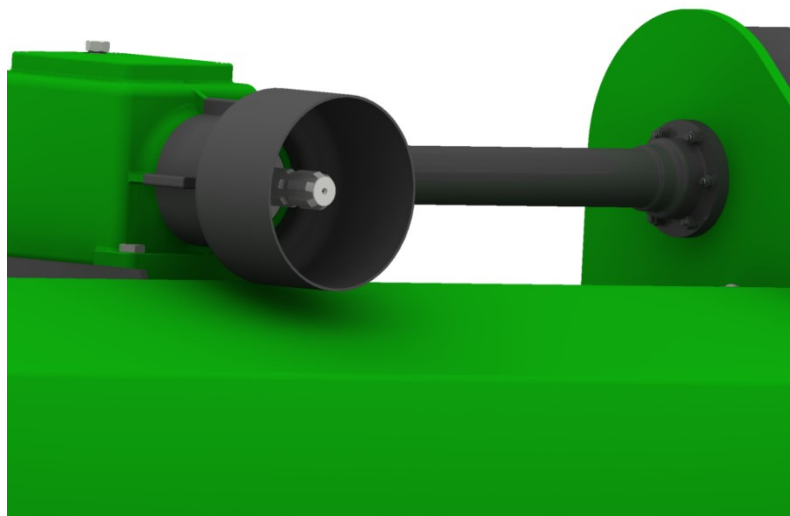
Navíc nabízí italská firma různé komponenty k převodovkám. Jednou z nich je hřídel, která je usazená v ložiskách. Nabízí se v různých délkách. Já jsem zvolil pro mulčovač délku hřídele 450 mm.



Obr. 32 Hřídel k převodovce [10]

3.4.2 Kryt převodovky

Kvůli bezpečnosti jsem umístil na kuželovou převodovku plastový kryt. Kryt slouží jako ochrana proti namotání předmětů na hřídel. Pokud by byl mulčovač použit ve velmi vysokém porostu, mohl by docházet k namotání porostu na hřídel a tím k postupnému zanesení hřídele.



Obr. 33 Kryt převodovky

3.4.3 Výpočet řemenového převodu

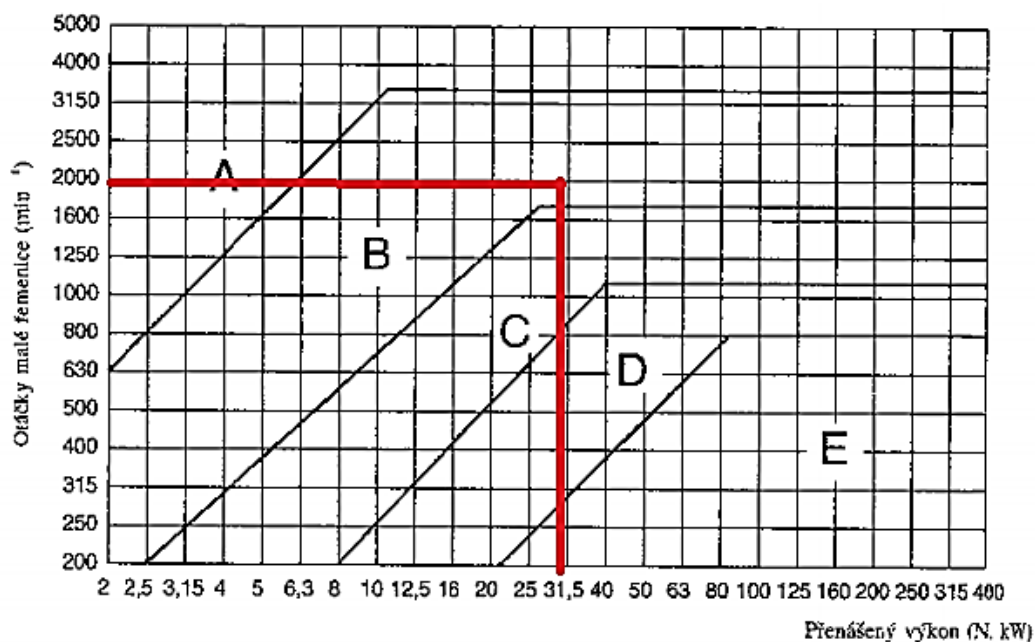
Výpočet potřebného převodového poměru

Otáčky od převodovky – $n_1 = 1582 \text{ min}^{-1}$

Potřebné otáčky rotoru – $n_2 \approx 2000 \text{ min}^{-1}$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1582}{2000} = 0,791 \quad [3] \quad (1)$$

Stanovení velikosti klasického průřezu klínového řemene



Obr. 34 Diagram určení potřebného průřezu klínového řemene [3]

Na řemenici se řemen ohýbá a mohl by dojít nadměrným ohýbáním dojít k popraskání na vnější straně řemene. Proto je výpočtový průměr řemenic D omezen určitou minimální velikostí.

Tab. 4 Minimální výpočtové průměry řemenic pro jednotlivé velikosti klasického průřezu klínového řemene [3]

Průřez řemene	D_{MIN} [mm]
Z	63
A	90
B	125
C	200
D	355
E	500

Volba průměru řemenic

Volím normalizovanou velikost hnací řemenice $D_1 = 160$ mm

$$D_2 = D_1 \cdot i = 160 \cdot 0,791 = 126,56 \text{ mm} \quad [3] \quad (2)$$

Volím normalizovanou velikost hnané řemenice $D_2 = 125$ mm

Přepočet skutečného převodového poměru

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{125}{160} = 0,78125 \quad [3] \quad (3)$$

Návrh osové vzdálenosti

Výhoda převodu s klínovými řemeny je použití malých osových vzdáleností. Pro zvolené průměry řemenic D_1 a D_2 je nejmenší osová vzdálenost dána velikostí úhlu opásání malé řemenice α .

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2A}$$

$$\cos \frac{90}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2A_{\text{min}}}$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2A_{\text{min}}}$$

$$A_{min} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (D_1 - D_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (160 - 125) = 24,75 \text{ mm} \quad [3] (4)$$

$$A_{max} = 2 \cdot (D_1 + D_2) = 2 \cdot (160 + 125) = 570 \text{ mm} \quad [3] (5)$$

$$A_{min} \leq A \leq A_{max}$$

Volím osovou vzdálenost $A=260 \text{ mm}$

Určení délky řemene

$$L_p = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) + \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_1 - D_2) = 2 \cdot 260 \cdot \sin \frac{172,28}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (160 + 125) + \frac{\pi \cdot 3,86}{180} \cdot (160 - 125) = 968,9 \text{ mm} \quad [3] (6)$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2A} \rightarrow \frac{\alpha}{2} = \arccos \frac{D_1 - D_2}{2A} \rightarrow$$

$$\alpha = 2 \cdot \arccos \frac{D_1 - D_2}{2A} = 2 \cdot \arccos \frac{160 - 125}{2 \cdot 260} = 172,28 = 172^\circ 16' \quad [3] (7)$$

$$\gamma = 90 - \frac{\alpha}{2} = 90 - \frac{172,28}{2} = 3,86 = 3^\circ 51' \quad [3] (8)$$

Volím délku $L_p = 990 \text{ mm}$

Skutečná osová vzdálenost

$$A_{SK} = \frac{1,04 \cdot L_p - \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) - \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_1 - D_2)}{2 \cdot \sin \left(\frac{\alpha}{2} \right)} = \frac{1,04 \cdot 990 - \frac{\pi}{2} \cdot (160 + 125) - \frac{\pi \cdot 3,86}{180} \cdot (160 - 125)}{2 \cdot \sin \frac{172,28}{2}} = 290,436 \text{ mm} \quad [3] (9)$$

Stanovení potřebného počtu řemenů

$$K = \frac{P_1}{N_p \cdot C_k} = \frac{20}{5,38 \cdot 0,95} = 3,91 \rightarrow \text{volím 4 řemeny} \quad [3] \quad (10)$$

Tab. 5 Součinitel c_k přihlížející k počtu řemenů v převodu [3]

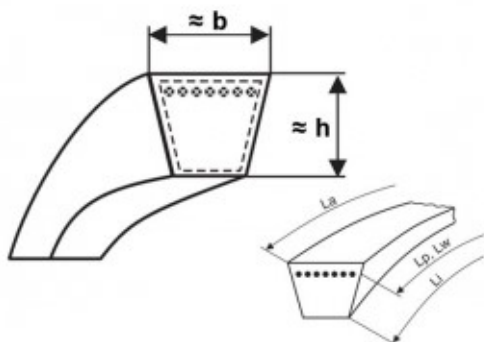
Počet řemenů v převodu	$C_k [-]$
1	1,00
2 až 3	0,95
4 až 6	0,90
7 a více	0,85

z ST volím [1] $N_0 = 8,5 \text{ kW}$; $c_\alpha = 0,98$; $c_L = 0,84$; $c_p = 1,3$

$$N_p = N_0 \cdot \frac{c_\alpha \cdot c_L}{c_p} = 8,5 \cdot \frac{0,98 \cdot 0,84}{1,3} = 5,38 \text{ kW} \quad [3] \quad (11)$$

3.4.4 Volba klínového řemene

Podle výpočtů jsem zvolil 4 klínové řemeny. Je to klasický klínový řemen 13x960 Li – B 990 Lw Profi Rubena.

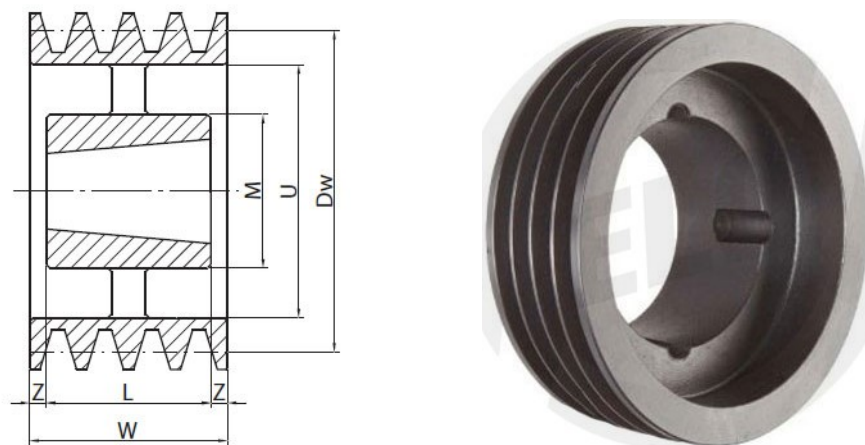


13x960 Li - B 990 Lw Profi Rubena	
Vnitřní délka Li (mm)	960
Výpočtová délka Lp (mm)	990
Vnější délka La (mm)	1010
Šířka b (mm)	13
Výška h (mm)	8

Obr. 35 Rozměry a parametry klínového řemene [9]

3.4.5 Volba řemenic

Pro řemenový převod volím podle výpočtů hnanou a hnací řemenici. Pro snadnou montáž jsem zvolil řemenice pro upínací pouzdra Taper Lock.



Obr. 36 Rozměry a model klínové řemenice [8]

Tab. 6 Parametry hnací řemenice [8]

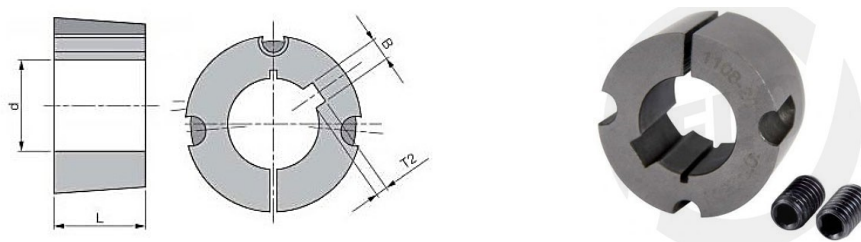
Klínová řemenice SPB 160/4	
Dw	160 mm
n	4
L	45 mm
z	18,5 mm
U	117 mm
m	5,72 kg

Tab. 7 Parametry hnané řemenice [8]

Klínová řemenice SPB 125/4	
Dw	125 mm
n	4
L	32 mm
z	25 mm
U	86 mm
m	2,94 kg

Upínací pouzdra Taper Lock slouží k upínání řetězových kol nebo řemenic na hřídel. Vnější průměr pouzdra je kuželový a vnitřní průměr pouzdra je válcový s drážkou pro pero.

Pouzdro se stahuje dvojicí šroubů a zajišťuje řemenici ve správném axiální poloze. Po správném upevnění je součást schopna přenášet krouticí moment a zároveň je zajištěna proti axiálnímu posunutí.



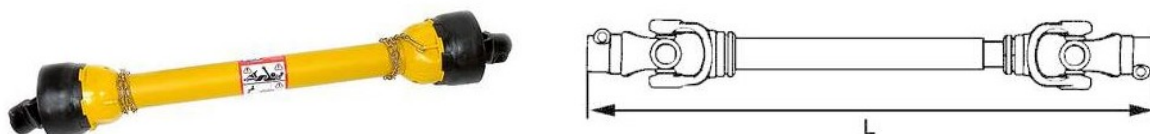
Obr. 37 Rozměry a model upínacího pouzdra Taper Lock [8]

Tab. 8 Parametry upínacího pouzdra[8]

TB 2517-40 Taper Lock				
d1	40 mm		B	12 mm
d2	85 mm		T2	3,8 mm
L	44,5 mm			
Délka šroubu	25 mm			

3.4.6 Kardanová hřídel

Kardanová hřídel je určena pro pohon strojů v zemědělství. Hřídel přenáší krouticí moment od vývodové hřídele traktoru na mechanismus daného stroje. Kardanová hřídel se volí podle maximálního výkonu, který traktor dokáže vyvinout. Důležité jsou také otáčky, při kterých stroj bude pracovat. Kvůli bezpečnosti se hřídel volí s bezpečností 1,3 maximálního výkonu traktoru.



Obr. 38 Kardanová hřídel [6]

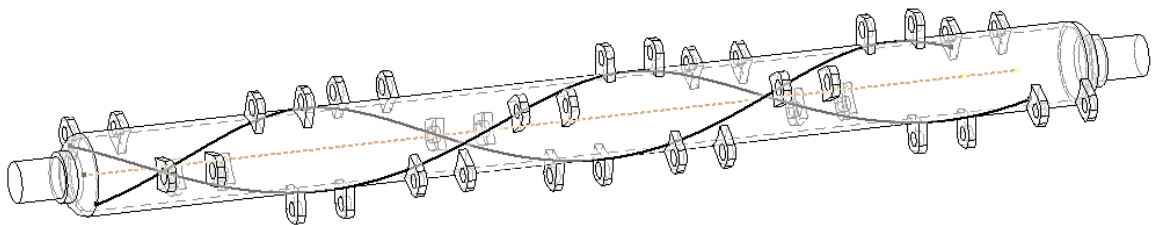
Tab. 9 Parametry kardanové hřídele [6]

Kardanová hřídel 1400 mm, 26 kW	
L	1400 mm
Výkon při 540 rpm	26 kW
Výkon při 1000 rpm	40 kW

3.5 Rotor

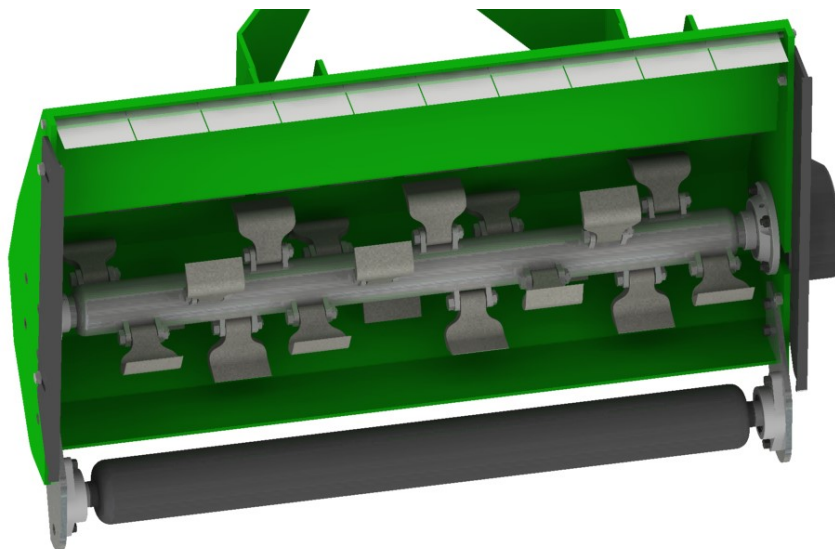
Mulčovací rotor je spojen s nosnou konstrukcí mulčovače s osami uloženými na koncích v ložiscích. Na rotor se můžou pracovní orgány uložit dvěma způsoby. První způsob je uložit kladiva ve dvou nebo více řadách. Při tomto řešení však vznikají rázy. Proto je výhodnější uložit pracovní orgány ve dvouchodé šroubovici. Díky uložení ve šroubovici nevznikají na rotoru rázy a neustále je v záběru určitý počet pracovních orgánů. Tak je chod rotoru plynulý a bez rázů.

Rotor se otáčí ve směru pohybu stroje a vlivem odstředivé síly se dostanou pracovní orgány do pracovní pozice. Pomocí ventilačního účinku se odřezaná stébla dostanou do prostoru krytu stroje, kde dochází následně k drcení hmoty.



Obr. 39 Rotor se dvěma šroubovicemi

Rotor bude osazen devatenácti pracovními orgány. Pracovní orgány jsou přichyceny k rotoru pomocí šroubového spoje. Díky tomuto řešení bude výměna pracovních orgánů poměrně jednoduchá.



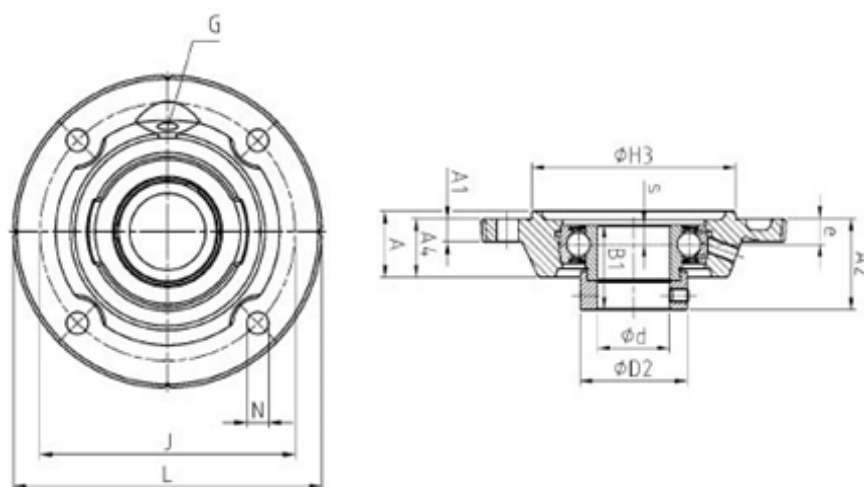
Obr. 40 Rotor s pracovními orgány

3.5.1 Ložiska rotoru

Pro uložení rotoru jsem zvolil ložiskové jednotky. Ty slouží k jednoduchému a hospodárnému uložení. Ložisková jednotka se skládá z tělesa odlitého z litiny a dvojité zapouzdřené kuličkové ložisko. Navíc ložisková jednotka obsahuje stavěcí šroub s kuličkou na hrotu, která účinně zabráňuje uvolňování stavěcího šroubu i při velkých vibracích.

Tab. 10 Parametry ložiskové jednotky [8]

Ložisková jednotka ESFEE 208 SNR				
$\varnothing d$	40 mm		c_r	29,6 kN
L	145 mm		c_{or}	18,2 kN
A	31 mm		m	1,9 kg
A_1	11,5 mm			
A_2	44,2 mm			
A_4	27 mm			
N	11,5 mm			

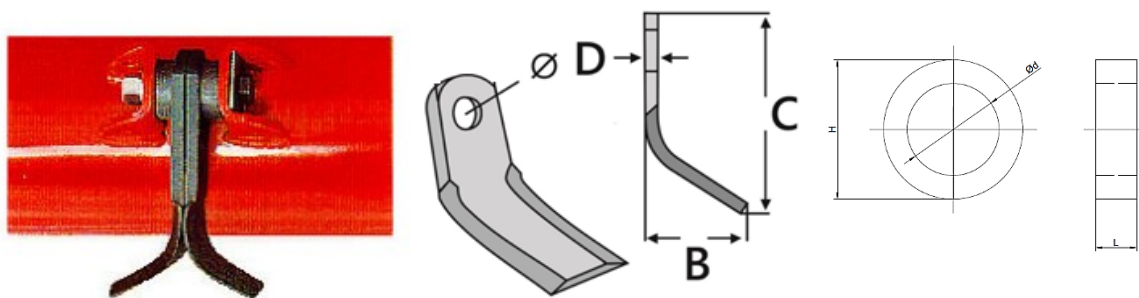


Obr. 41 Rozměry ložiskové jednotky [8]

3.5.2 Pracovní orgány rotoru

Pracovní orgány jsou voleny podle charakteru mulčovaného materiálu. Jsou letmo uchyceny na držácích rotoru pomocí šroubového spoje. Na mulčovači se můžou používat především nože, kladívka nebo řetězy, které se používají pro mulčování travnatých ploch s velkým výskytem překážek.

Pro mulčování travního porostu jsem zvolil dvojici jednoduchých zahnutých nožů. Nože budou vymezeny distančními kroužky.



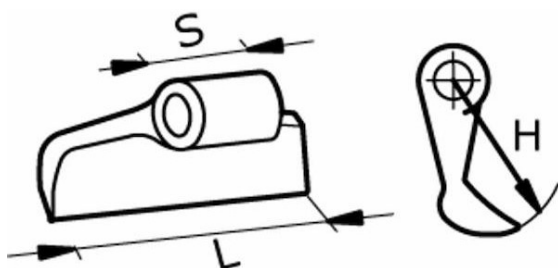
Obr. 42 Rozměry a model mulčovacích nožů a distančního kroužku [6]

Tab. 11 Parametry zahnutého nože [6]

Zahnutý nůž jednoduchý	
Ød	16,5 mm
C	100 mm
B	50 mm
m	300 g

Distanční kroužek	
Ød	16,5 mm
H	25 mm
L	15 mm
m	100 g

Při práci v členitém a kamenitém terénu nacházejí uplatnění kladiva, které si poradí s náletovými dřevinami, s větvemi v sadech, s réví ve vinici a také s hutnou hmotou. Proto jsem zvolil kladivo o hmotnosti 800 gramů, které je vhodné pro drcení větví do průměru 30 mm. Rotor může být také osazen kombinací kladiva-nože, kladiva-řetězy nebo nože-řetězy.

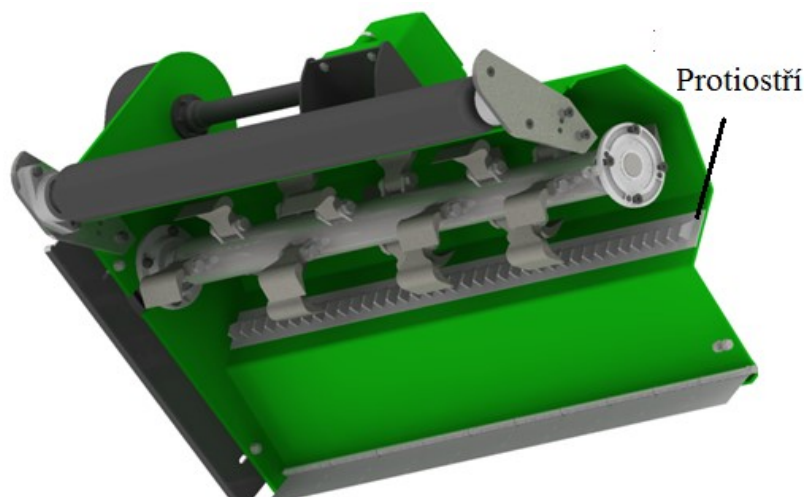


Kladivo rovné HMF	
Ød	16,5 mm
H	90 mm
L	100 mm
S	40 mm
m	800 g

Obr. 43 Rozměry a parametry kladiva [6]

3.5.3 Protiostrží

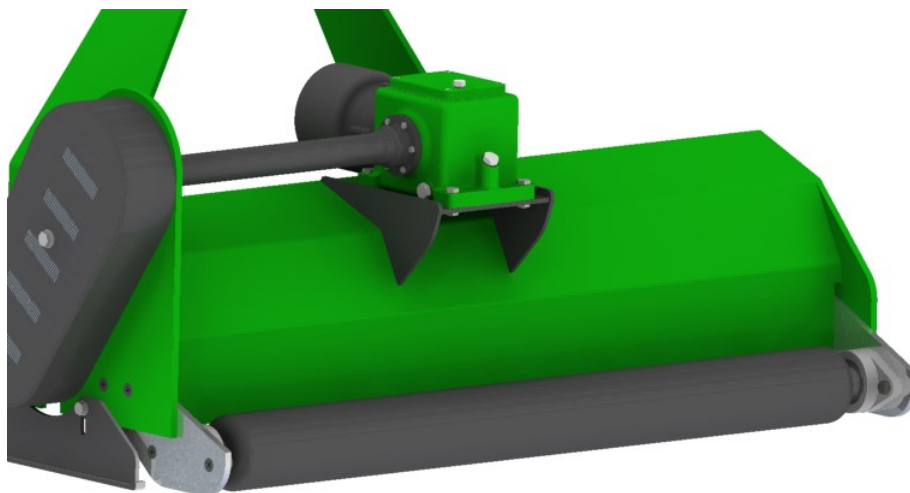
Pro lepší mulčovací účinek, je kryt mulčovače opatřen výměnnými protiostržími. To slouží k dokonalějšímu podrcení hmoty, zejména pak větví větších průměrů. Protiostrží je uchyceno ke krytu pomocí šroubového spoje, aby bylo možné opotřebované prvky vyměnit.



Obr. 44 Protiostrží mulčovače

3.6 Opěrný válec a ližiny

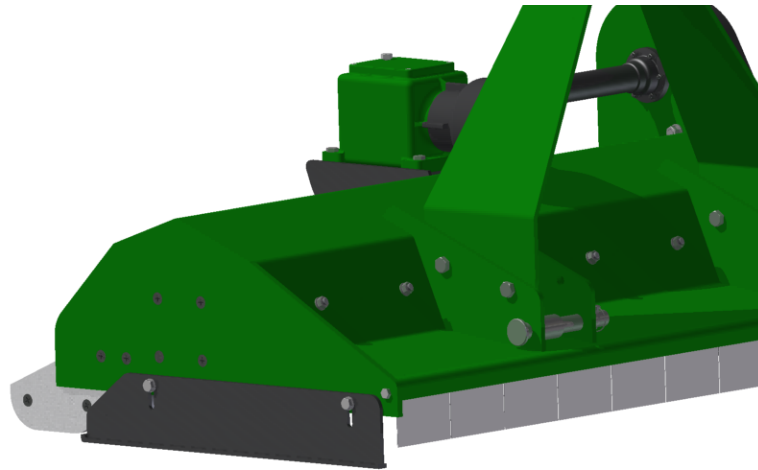
Nastavení výšky záběru zajišťuje opěrný válec s ližinami. Díky opěrnému válci dosáhneme nejen dobrého kopírovacího efektu povrchu, ale i poměrně snadného nastavení výšky pomocí dvou šroubů. Opěrný válec neslouží pouze k nastavení výšky záběru, ale zároveň válcuje podrcený materiál. Válec má průměr 100 mm a je vyroben



Obr. 45 Opěrný válec mulčovače

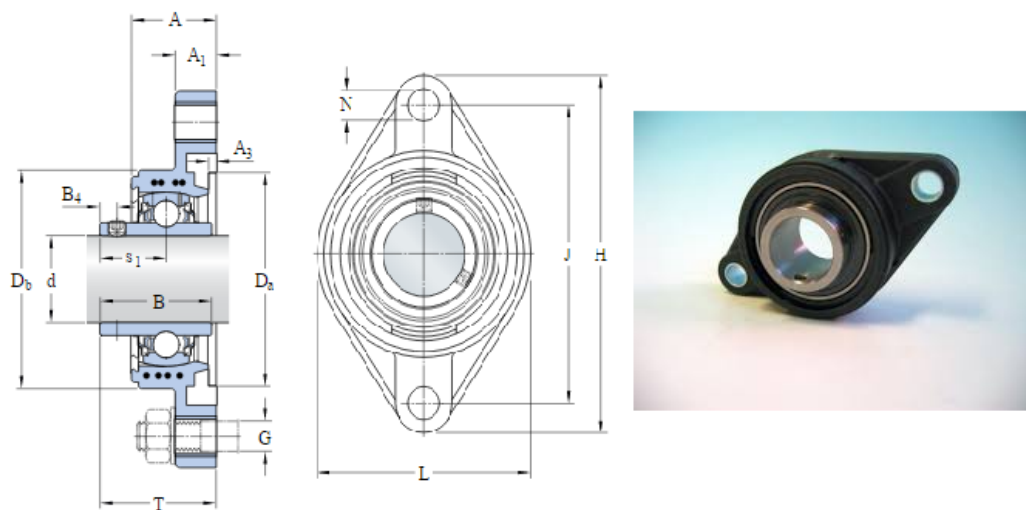
Válec se dá nastavit do tří poloh. Opěrný válec v nejvyšší poloze nastavuje mulčovač na záběr 70 mm od mulčovaného povrchu. Naopak v nejnižší poloze je mulčovač 20 mm od mulčovaného povrchu. V nejnižší poloze by si měl mulčovat používat jen na téměř rovném povrchu, aby nedocházelo k záběru zeminy. Ideální pracovní výškou je 40 mm.

Na stranách je mulčovač vybaven pomocnými ližinami. Ty spolu s opěrným válcem slouží k nastavení výšky záběru.



Obr. 46 Opěrné ližiny

Opěrný válec jsem uložil do oválných přírubových ložiskových jednotek. Ložisková jednotka je osazena kuličkovým ložiskem a je připraveno k okamžité montáži. Jednotky jsou již z výroby sestavené, namazané a utěsněné pro dosažení maximální provozní trvanlivosti.



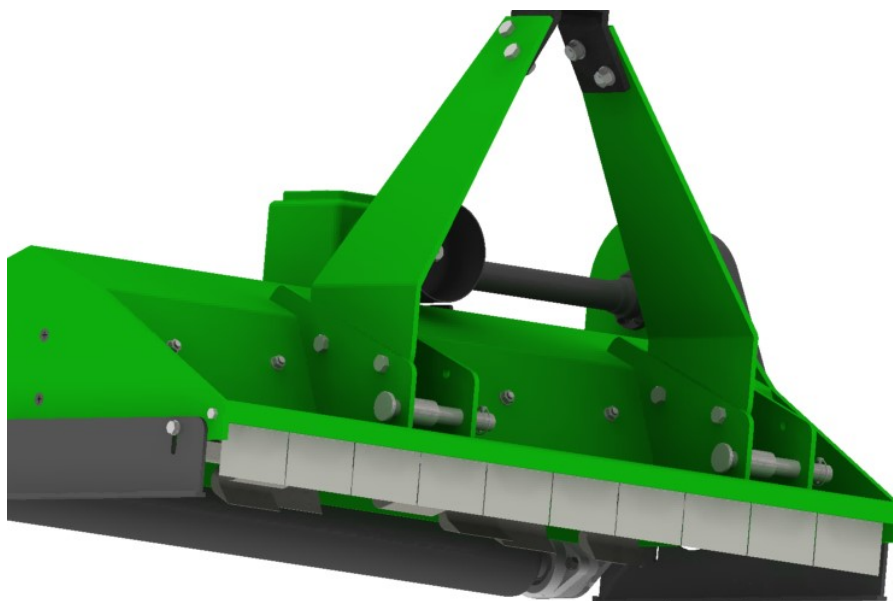
Obr. 47 Rozměry a model ložiskové jednotky [11]

Tab. 12 Parametry ložiskové jednotky SKF [11]

Ložisková jednotka FYTBK 30 TR SKF				
d	30 mm		c	19,5 kN
D_b	78 mm		c_o	11,2 kN
A	33 mm		n_{max}	3800 r/min
T	42,2 mm			
L	83 mm			
J	116,5 mm			
H	142,5 mm			
N	12,3 mm			

3.7 Přední ochranná clona

Přední ochranná clona se skládá z deseti pozinkovaných plechů. Podporuje zejména bezpečnost mulčovače při práci. Clona zabraňuje odlétávání kamínků a mulčované hmoty z mulčovacího prostoru tak, aby nedošlo k poranění obsluhy stroje.



Obr. 48 Přední ochranná clona

Clony musí být pohyblivé, aby dokázali kopírovat nerovnosti terénu. Jsou uloženy na tyči a na konci je tyč opatřena závitem. Mezi jednotlivými clonami jsou vloženy distanční kroužky.

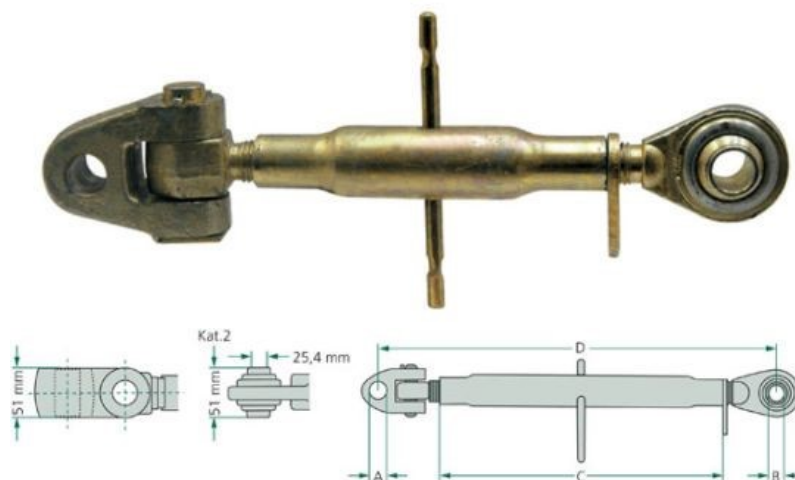
3.8 Tříbodový závěs

Tříbodový závěs se používá z účelem připojení nesených nebo návěsných mechanizačních strojů. Tříbodové závěsy se dělí do kategorií podle výkonu traktoru. Tento návrh spadá do první kategorie do 48 kW. Rozměry tříbodového závěsu jsou normalizované podle normy ČSN ISO 730-1.



Obr. 49 Zadní tříbodový závěs malotraktoru [7]

Třetí body dělíme na mechanické nebo hydraulické. Na mechanickém třetím bodu najdeme na obou koncích oka na závitu. Závity mají opačné stoupání a tak při otáčení střední trubkou se bud roztahují nebo stahují. Tak se nastaví potřebná délka třetího bodu. Hydraulické třetí body se ovládají pomocí hydrauliky z pohodlí kabiny traktoru. Pro tento případ jsem však zvolil třetí bod mechanický. Třetí body se závitem M30x3,5 mm Standart jsou vhodné pro traktory do 59 kW.

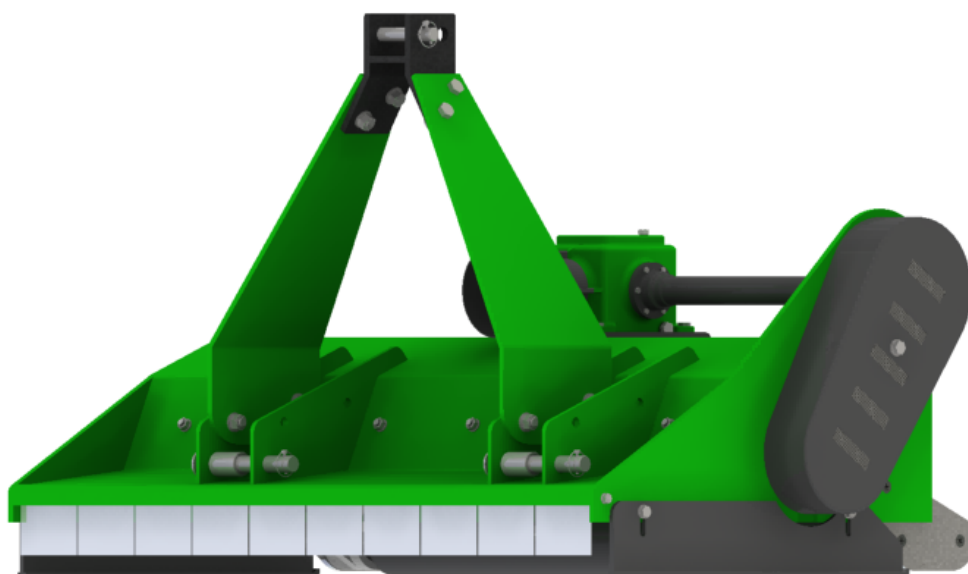


Obr. 50 Třetí bod s tvrzeným kulovým kloubem [7]

Tab. 13 Parametry třetího bodu [7]

Třetí bod s tvrzeným kulovým kloubem	
C - délka pouzdra	370 mm
D - pracovní délka	505-705 mm
Závit	M30x3,5
Provedení	Standart

Všechny tři body jsou umístěny na čepech o průměru 24 mm a zajištěny pomocí závlaček. Tak je uvedeno v normě ČSN ISO 730-1. Na dolních dvou čepech jsou umístěny dva distanční kroužky, které slouží k správnému nastavení polohy mulčovače.



Obr. 51 Třibodové uchycení

3.9 Výpočet výkonnosti mulčovač

Výkonnost mulčovacích strojů je nejvíce závislá na rychlosti jízdy při mulčování, na pracovní šířce (záběru) pracovního adaptéru, na dodržování technologického postupu mulčování, na časových ztrátách při otáčení se v meziřadí a zkušeností obsluhy. Rychlost jízdy při mulčování je závislá na charakteru mulčované hmoty a terénu pozemku. Do výpočtu se musí zahrnout také součinitel překrytí stopy, který se pohybuje v rozmezí 0,94-0,98, čímž se zmenšuje pracovní záběr.

3.9.1 Výpočet výkonosti mulčovače osazeného noži na louce

Mulčovač pracující na pravidelně udržované louce může dosahovat maximální rychlosti jízdy až $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Při pravidelné údržbě louky je tak maximální výška porostu 50 cm. Také součinitel časového využití dosahuje vysoké hodnoty, neboť je mulčovač neustále v záběru. Na velkých plochách tak odpadá zdlouhavé otáčení se se soupravou.

Zadané hodnoty:

$$v = 7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 1,944 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \dots \text{pracovní rychlost stroje (m/s)}$$

$$W = 1040 \text{ mm} = 1,04 \text{ m} \dots \text{pracovní záběr stroje (m)}$$

$$k_{ps} = 0,95 \dots \text{součinitel překrytí stopy}$$

$$k_{\xi} = 0,9 \dots \text{součinitel časového využití}$$

$$Q_n = 3600 \cdot W \cdot v \cdot k_{ps} \cdot k_{\xi} \text{ (m}^2 \cdot \text{h}^{-1}\text{)} \quad (12)$$

$$Q_n = 3600 \cdot 1,04 \cdot 1,944 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 6223 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1} = 0,6223 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

Při téměř dokonalých pracovních podmínkách dosahuje mulčovač velmi dobré výkonosti $0,62 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$.

3.9.2 Výpočet výkonosti mulčovače osazeného kladivy pracující v meziřadí vinice

Mulčovač pracující v meziřadí vinice o šířce sponu 1,5 m nedosahuje tak vysokých rychlostí jako na volné ploše. Obsluha stroje musí dávat pozor, aby nezahákla o keř révy a nezpůsobila tak škody. Při mulčování révy po zimním stříhu je nižší pojezdová rychlost lepší pro dokonalost nadrcené hmoty. Součinitel časového využití dosahuje maximálně hodnoty 0,7, kvůli otáčení a najíždění do meziřadí. Součinitel překrytí stopy má hodnotu 1, protože každým meziřadím projede souprava jen jednou.

Zadané hodnoty:

$$v = 4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 1,111 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \dots \text{pracovní rychlost stroje (m/s)}$$

$$W = 1040 \text{ mm} = 1,04 \text{ m} \dots \text{pracovní záběr stroje (m)}$$

$$k_{ps} = 1 \dots \text{součinitel překrytí stopy}$$

$$k_{\xi} = 0,7 \dots \text{součinitel časového využití}$$

$$Q_k = 3600 \cdot W \cdot v \cdot k_{ps} \cdot k_{\xi} \text{ (m}^2 \cdot \text{h}^{-1}\text{)} \quad (13)$$

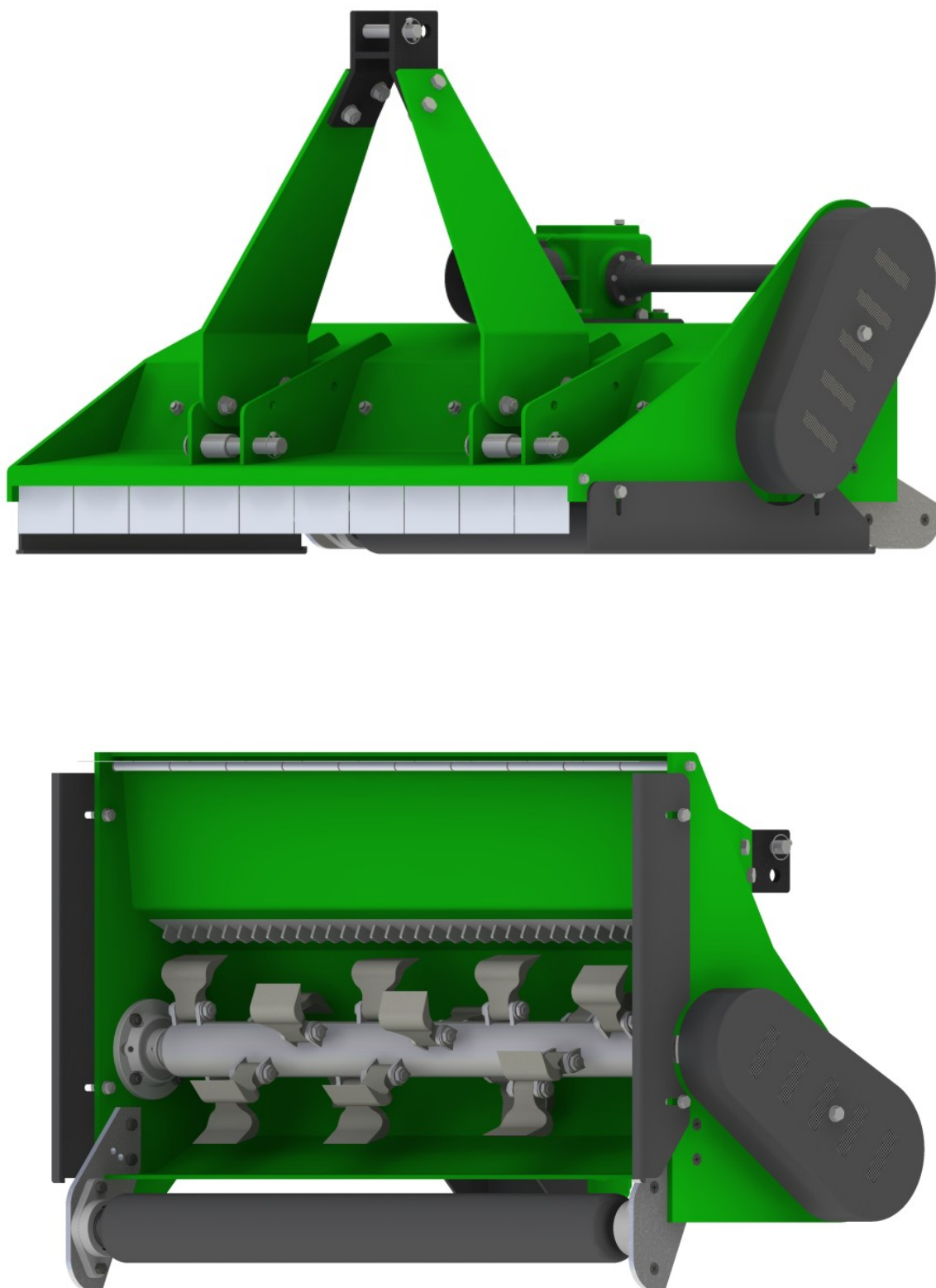
$$Q_k = 3600 \cdot 1,04 \cdot 1,111 \cdot 1 \cdot 0,7 = 2912 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1} = 0,2912 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

3.10 Bezpečnost práce při mulčování

Pro bezpečnost práce a správnou funkčnost mulčovače je důležité dodržovat následující zásady pro práci.

- Před spuštěním stroje je obsluha povinná si přečíst bezpečnostní zásady.
- Před spuštěním stroje zkontrolujte a namažte všechny rotující části mulčovače. Zkontrolujte hladinu oleje v převodovce, případně dolejte do požadovaného množství. Zkontrolujte pracovní orgány, zda se volně otáčejí, popřípadě nejsou poškozené, v případě poškození vyměňte.
- Přeprava osob při mulčování i při přepravě je zakázána.
- Před uvedením mulčovače do provozu se přesvědčte, že kolem mulčovače se nenachází jiné osoby, zvířata a překážky. Před startem odstraňte nánosy bláta nebo namotanou travní hmotu z rotujících částí.
- Při mulčování mějte obutou pevnou obuv s pevnou podrážkou. Udržujte bezpečnou vzdálenost od rotujících částí stroje, aby nedošlo k zachycení.
- Obsluha musí dávat pozor při otáčení na svazích. Mulčování provádějte proti svahu nebo po vrstevnici, sečení ze svahu provádějte pouze do 12 % sklonu.
- Při provozu dávejte pozor, aby nedošlo k namotání cizích předmětů na rotor. Pokud dojde k zablokování rotoru cizím předmětem, okamžitě vypněte stroj a uvolněte rotor. Zkontrolujte, zda nedošlo k poškození některých částí mulčovače.
- Při práci na stěrkovém povrchu nastavte záběrovou výšku tak, aby nedocházelo k záběru štěrku a následnému metení kamení.
- Při přepravě mulčovače po veřejných komunikacích musí stroj být opatřen výstražnými štíty s odrazkami dle vyhlášky MD ČR 102/1995 sb.
- Nejvyšší povolená rychlost při přepravě je 15 km/hod. Řidič je povinen přizpůsobit jezdovou rychlost na polních cestách.

4. Celkový 3D návrh mulčovače



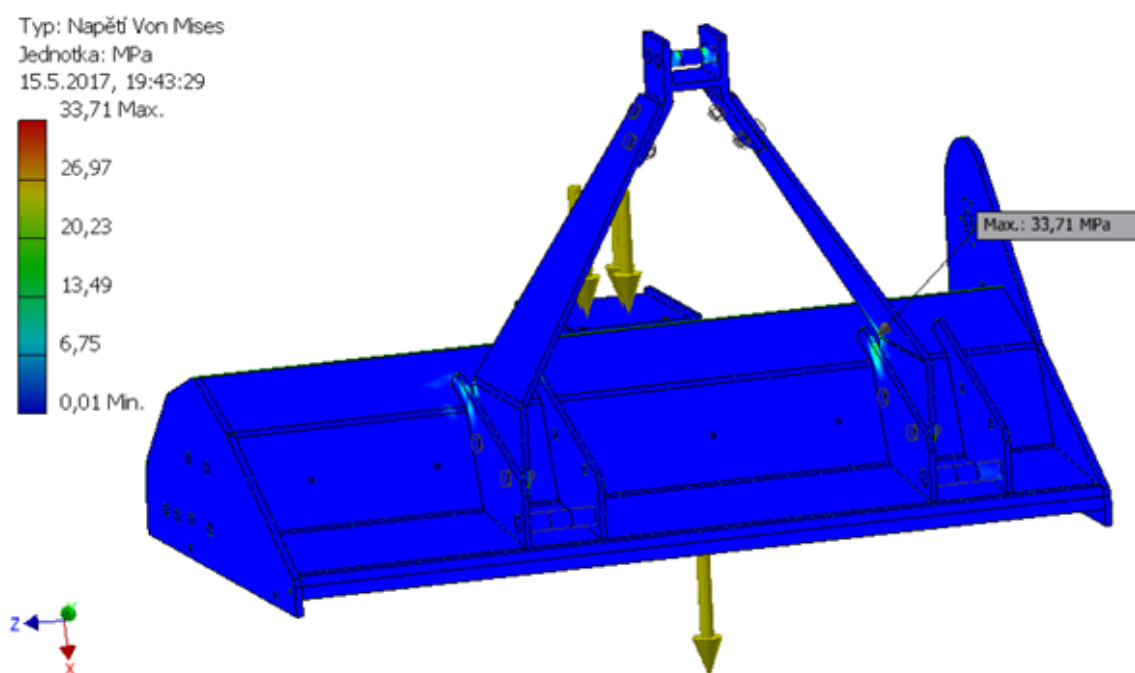
Obr. 52 Celkový 3D návrh mulčovače

5. Pevnostní analýza

Pro kontrolu deformací a napětí jsem provedl pevnostní analýzu pomocí konečných prvků. Tato kontrola byla provedena v systémovém prostředí pevnostní analýza, která je součástí programu od firmy Autodesk Inventor Professional 2015.

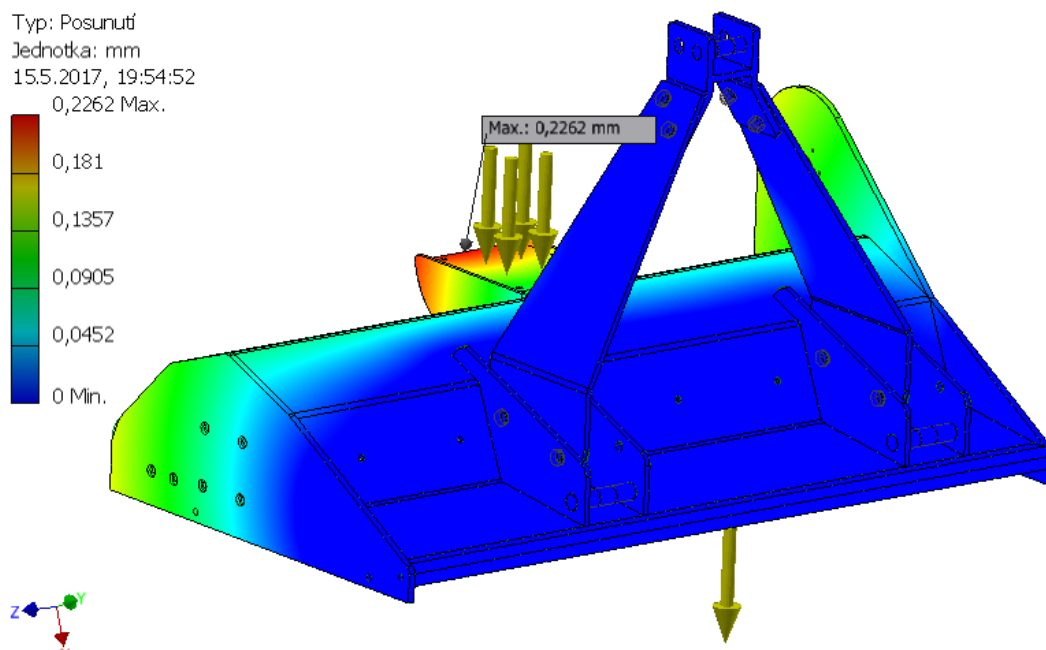
5.1 Pevnostní analýza mulčovače 1

Pevnostní analýza byla provedena pro případ, kdy je mulčovač v horní převozní poloze. Na mulčovač tak působí jen gravitační síla. Hmotnost sestavy mulčovače je 220 kilogramu. Jako první jsem zadal do programu materiál a poté dotyky. Jako pevné vazby jsem zvolil tři čepy, pomocí kterých je mulčovač zajištěn na tříbodový závěs.



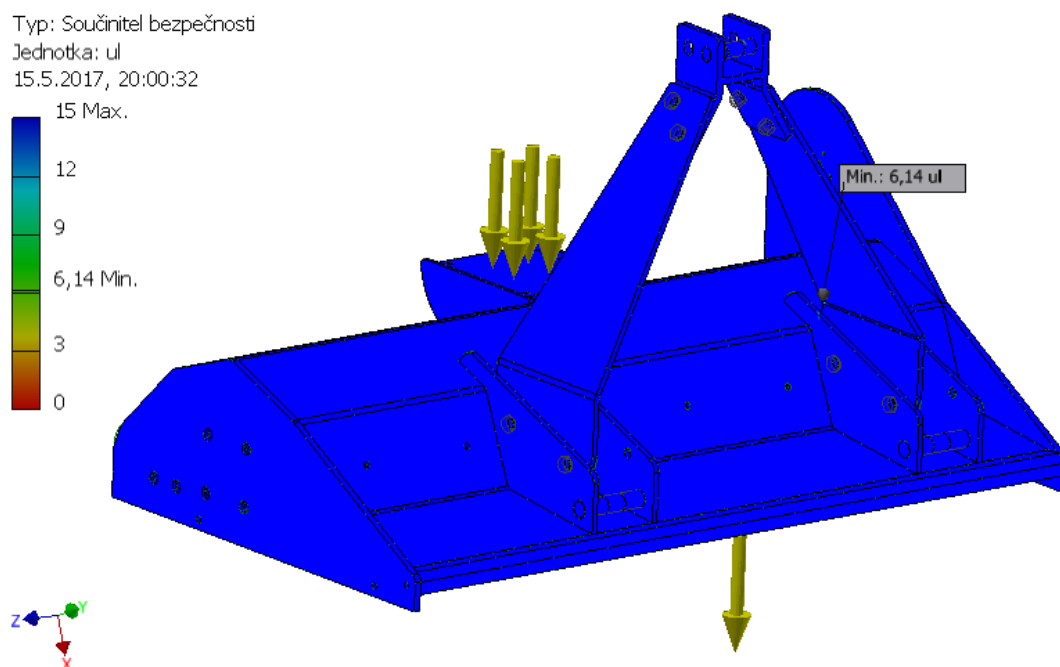
Obr. 53 Výsledek pevnostní analýzy- napětí Von Mises

Na obrázku 53 vidíme, že nejvyšší napětí Von Mises je $\sigma = 33,71 \text{ MPa}$. Toto napětí se nachází na plechu, který vede k třetímu bodu uchycení. Plech je vyroben z materiálu S235, který má hodnotu meze kluzu $Re = 250 \text{ MPa}$.



Obr. 54 Výsledky pevnostní analýzy- posunutí

Jak vidíme z Obr. 54 maximální posunutí se nachází na plechu, kde je umístěna převodovka. Hodnota maximálního posunutí je 0,226 mm, což je zanedbatelná hodnota.

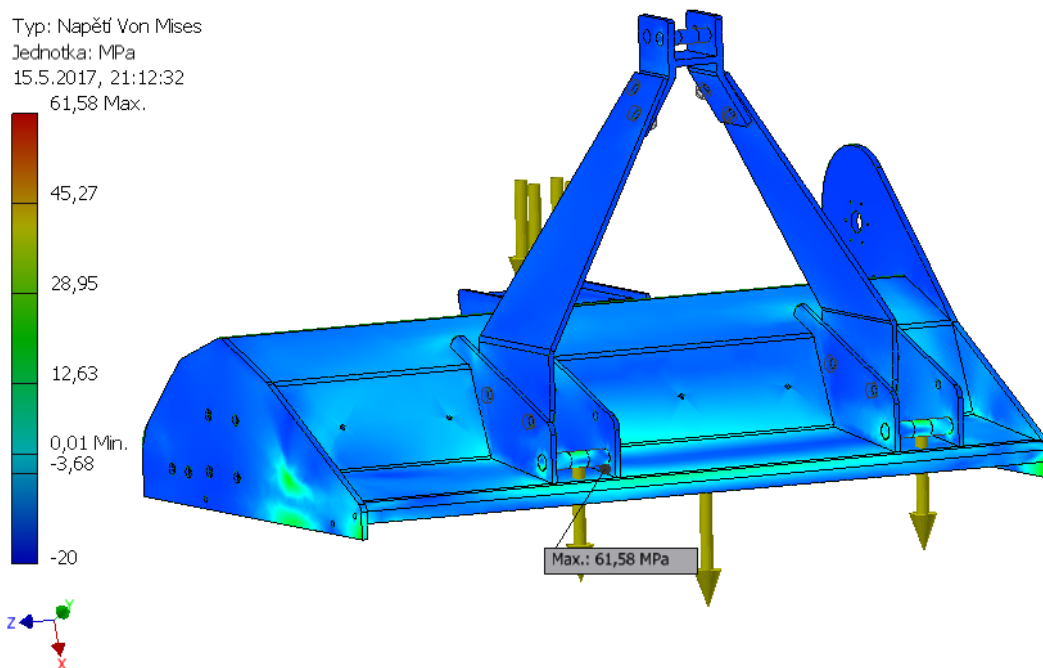


Obr. 55 Výsledky pevnostní analýzy-součinitel bezpečnosti

Minimální součinitel bezpečnosti má hodnotu $k_{min} = 6,14$, což je dostačující bezpečnost.

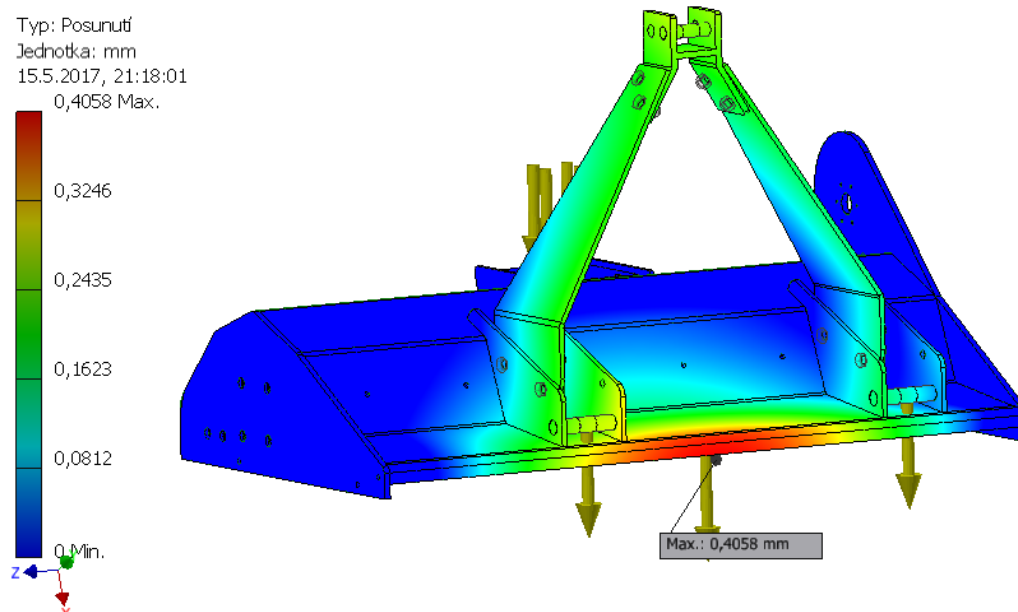
5.2 Pevnostní analýza mulčovače 2

Tato pevnostní analýza simuluje situaci, kdy obsluha stroje při spuštění mulčovači na mulčovaném povrchu přepne hydraulický rozvaděč do polohy, kdy šavle tlačí mulčovač do země. Zvedací síla šavlí u malotraktorů do 30 kW je maximálně 500 kg. Pro tuto hodnotu jsem simulace provedl.

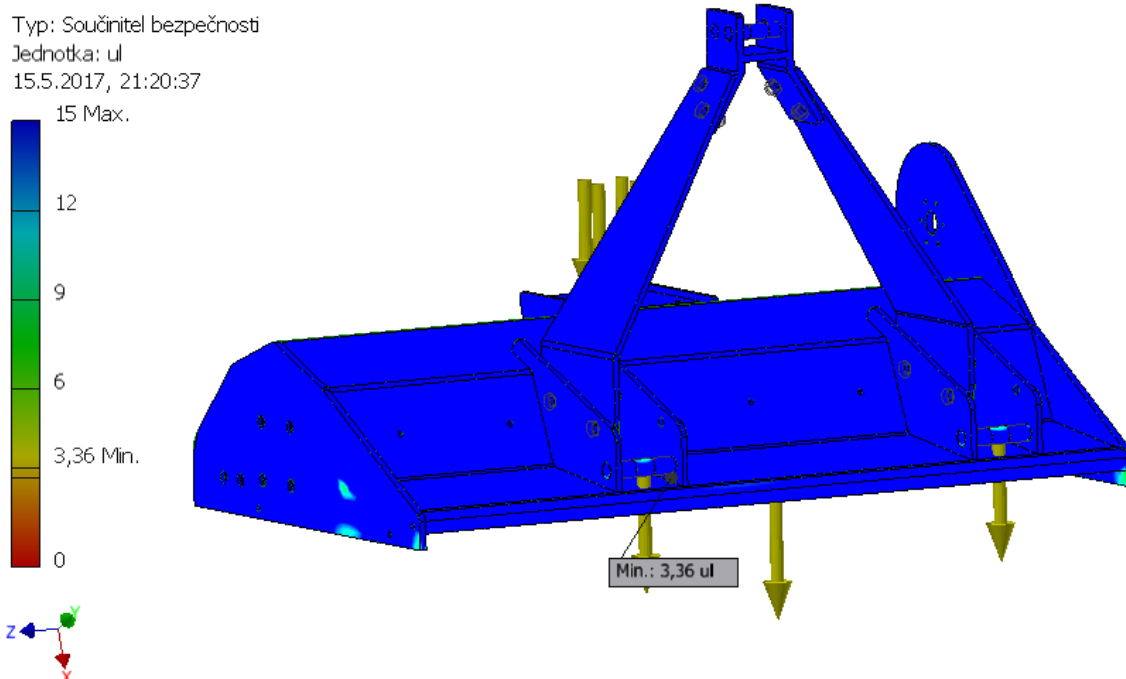


Obr. 56 Výsledky pevnostní analýzy- napětí Von Mises 2

Podle předpokladů se nejvyšší napětí nachází v místě doteku čepu v díře přivařeného žebra.



Obr. 57 Výsledky pevnostní analýzy-posunutí 2



Obr. 58 Výsledky pevnostní analýzy- součinitel bezpečnosti 2

6. Závěr

V diplomové práci sem se zabýval konstrukčním návrhem mulčovače za malotraktor. Ten byl konstruován pro práci ve vinici a na okolních pozemcích. V úvodu práce jsem popsal problematiku mulčování a provedl jsem průzkum trhu. Na trhu je v dnešní době nachází mnoho konstrukčních řešení mulčovačů, které jsou konstruovány pro práci jak v komunální sféře, tak i v lesnictví a zemědělství. V druhé části sem se zabýval samotným konstrukčním návrhem mulčovače. Pomocí morfologické matice jsem zvolil ideální konstrukční řešení mulčovače pro práci ve vinici. Dále jsem navrhl hlavní a boční mulčovací kryty, které jsou prakticky nosnou konstrukcí mulčovače. Poté jsem se zabýval návrhem pohonu. Zvolil jsem kuželovou převodovku od italského výrobce, který se zabývá výrobou převodovek pro zemědělské stroje. Pro přenos krouticího momentu z převodovky jsem zvolil řemenový převod. Dále jsem navrhl další části mulčovače, jako jsou ližiny, opěrný válec a ochranné prvky. V závěru práce jsem provedl simulaci pevnostní analýzy v programu Autodesk Inventor Professional 2015. Výsledky pevnostní analýzy byly vyhovující. Práce obsahuje i bezpečnostní zásady při práci s mulčovačem.

7. Literatura

Knihy a příručky:

- [1] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Albra - Pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2003., ISBN 80-86490-74-2.
- [2] KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 130s., ISBN 978-80-248-1860-3.
- [3] KALÁB, K.: *Návrh, výpočet a montáž řemenového převodu*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 20s.
- [4] ZEMÁNEK, P., Burg, P.: *Vinohradnická mechanizace*. 1. vyd., Olomouc, Petr Baštan, 200 s., ISBN 978-80-87091-14-2
- [5] ŠVERCL, J.: *Technické kreslení a deskriptivní geometrie*. 1. vyd., Nakladatelství Scienta, Praha, 2003., ISBN 80-7183-297-9

Internet:

- [6] Prodejce dílů na zemědělskou techniku. [http:// www.kardanka.cz /](http://www.kardanka.cz/) [online]. [cit. 2017-05-05].
- [7] M+S zemědělské potřeby. [http://www.zemedelske-potreby.cz /](http://www.zemedelske-potreby.cz/) [online]. [cit. 2017-05-03].
- [8] Elotechnik- obchodní společnost v oblasti strojírenství. [http:// www.elotechnik.cz /](http://www.elotechnik.cz/) [online]. [cit. 2017-05-10].
- [9] Řemeny–řetězy.cz–příslušenství pro řemenové a řetězové převody. [http:// www.remeny-retezy.cz /](http://www.remeny-retezy.cz/) [online]. [cit. 2017-05-10].
- [10] Rotis- prodejce převodovek pro zemědělské stroje. <http://www.rotis.it/> [online]. [cit. 2017-05-10].
- [11] SKF- Výrobce ložisek. <http://www.skf.com/cz/> [online]. [cit. 2017-05-10].

8. Seznam obrázků, tabulek a rovnic

Obrázky:

Obr. 1 Pravidelně mulčovaný pozemek

Obr. 2 Neudržovaný pozemek

Obr. 3 Základní rozdělení mulčovačů

Obr. 4 Nože v jedné a ve dvou rovinách

Obr. 5 Pracovní orgány mulčovačů s vertikální osou rotace

Obr. 6 Vedený mulčovač

Obr. 7 Adaptér pro mulčování nesený na pásovém malotraktoru

Obr. 8 Traktorový mulčovač s vertikální osou rotace

Obr. 9 Traktorový mulčovač s vertikální osou rotace

Obr. 10 Dvourotorový mulčovač s výkyvnými sekcemi

Obr. 11 Dvouřádkový adaptér pro mulčování nesený na multifunkčním nosiči

Obr. 12 Rotor s pracovními orgány

Obr. 13 Traktorový mulčovač s horizontální osou rotace

Obr. 14 Horizontální traktorový mulčovač s opěrným válcem

Obr. 15 Horizontální mulčovač s roštem

Obr. 16 Horizontální mulčovač s možností zapojení do zadního i čelního závěsu traktoru

Obr. 17 Mulčovač s hydraulickým ramenem

Obr. 18 Mulčovač se sběrným košem

Obr. 19 Zahnutý nůž jednoduchý

Obr. 20 Zahnutý nůž dvojité

Obr. 21 Kladívkový nůž s přímou hranou

Obr. 22 Kladívkový nůž zubový

Obr. 23 Provozní náklady různých modelů mulčovačů

Obr. 24 Orientační výkonnosti a spotřeby pohonných hmot při mulčování

Obr. 25 Zatavněné meziřadí vinice

Obr. 26 Popis konstrukčního návrhu mulčovače

Obr. 27 Hlavní ochranný kryt mulčovače

Obr. 28 Celkový ochranný kryt mulčovače

Obr. 29 Schéma pohonu

Obr. 30 Převodovka Rotis Series 915

Obr. 31 Rozměry převodovky

Obr. 32 Hřídel k převodovce

Obr. 33 Kryt převodovky

Obr. 34 Diagram určení potřebného průřezu klínového řemene

Obr. 35 Rozměry a parametry klínového řemene

Obr. 36 Rozměry a model klínové řemenice

Obr. 37 Rozměry a model upínacího pouzdra Taper Lock

Obr. 38 Kardanová hřídel

Obr. 39 Rotor se dvěma šroubovicemi

Obr. 40 Rotor s pracovními orgány

Obr. 41 Rozměry ložiskové jednotky

Obr. 42 Rozměry a model mulčovacích nožů a distančního kroužku

Obr. 43 Rozměry a parametry kladiva

Obr. 44 Protiosťří mulčovače

Obr. 45 Opěrný válec mulčovače

Obr. 46 Opěrné ližiny

Obr. 47 Rozměry a model ložiskové jednotky

Obr. 48 Přední ochranná clona

Obr. 49 Zadní tříbodový závěs malotraktoru

Obr. 50 Třetí bod s tvrzeným kulovým kloubem

Obr. 51 Tříbodové uchycení

Obr. 52 Celkový 3D návrh mulčovače

Obr. 53 Výsledek pevnostní analýzy- napětí Von Mises

Obr. 54 Výsledky pevnostní analýzy- posunutí

Obr. 55 Výsledky pevnostní analýzy-součinitel bezpečnosti

Obr. 56 Výsledky pevnostní analýzy- napětí Von Mises 2

Obr. 57 Výsledky pevnostní analýzy-posunutí 2

Obr. 58 Výsledky pevnostní analýzy- součinitel bezpečnosti 2

Tabulky:

Tab. 1 Morfologická matice

Tab. 2 Zvolená varianta

Tab. 3 Parametry kuželové převodovky Series 915

Tab. 4 Minimální výpočtové průměry řemenic pro jednotlivé velikosti klasického průřezu klínového řemene

Tab. 5 Součinitel c_k přihlížející k počtu řemenů v převodu

Tab. 6 Parametry hnací řemenice

Tab. 7 Parametry hnané řemenice

Tab. 8 Parametry upínacího pouzdra

Tab. 9 Parametry kardanové hřídele

Tab. 10 Parametry ložiskové jednotky

Tab. 11 Parametry zahnutého nože

Tab. 12 Parametry ložiskové jednotky SKF

Rovnice:

- (1) Výpočet potřebného převodového poměru
- (2) Volba průměru řemenic
- (3) Přepočet skutečného převodového poměru
- (4) Minimální osová vzdálenost
- (5) Maximální osová vzdálenost
- (6) Určení délky řemene
- (7) Výpočet úhlu opásání
- (8) Výpočet pomocného úhlu
- (9) Skutečná osová vzdálenost
- (10) Stanovení potřebného počtu řemenů

- (11) Skutečný výkon přenášený 1 řemenem
- (12) Výpočet výkonosti mulčovače osazeného noži na louce
- (13) Výpočet výkonosti mulčovače osazeného kladivy pracující v meziřadí vinice

9. Seznam příloh

- Výrobní výkres 1 - Boční plech levý
- Výrobní výkres 2 – Boční plech pravý
- Výrobní výkres 3 – Hlavní kryt
- Výrobní výkres 4 – Žebro pro uchycení závěsu
- Výrobní výkres 5 – Ližina pravá
- Výrobní výkres 6 – Ližina levá

- Sestavný výkres 1- Sestava mulčovač